

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»

_____ (інститут)
Факультет природничих наук і технологій
_____ (факультет)
Кафедра _____ Геології і розвідки родовищ корисних копалин
_____ (повна назва)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
кваліфікаційної роботи ступеня _____ магістра _____
(бакалавра, спеціаліста, магістра)

Студента _____ Сливного Станіслава Олександровича _____

академічної групи _____ 103М-22-1 _____

(шифр)

напряму підготовки _____ 103 Науки про Землю _____

(код і назва спеціальності)

за освітньо-професійною програмою «Геологія, гідрогеологія, геофізика» _____

на тему «Геологічна будова та мінералого-геохімічні особливості _____

(назва за наказом ректора)

_____ Шевченківського пегматитового родовища» _____

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
кваліфікаційної роботи	Приходченко В.Ф.			
розділів:				
Загальний	Приходченко В.Ф.			
Спеціальний	Приходченко В.Ф.			

Рецензент	Шевченко С.В.			
-----------	---------------	--	--	--

Нормоконтролер	Хоменко Н.В.			
----------------	--------------	--	--	--

Дніпро
2023

ЗАТВЕРДЖЕНО:

завідувач кафедри

Геології і розвідки родовищкорисних копалин

(повна назва)

Жильцова І.В.

(прізвище, ініціали)

(підпис)

« 07 » вересня 2023 року

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу
ступеня магістра
(бакалавра, спеціаліста, магістра)

студента Сливного С. О. академічної групи 103М-22-1
(прізвище та ініціали) (шифр)

спеціальності 103 Науки про Землю

за освітньо-професійною програмою «Геологія, гідрогеологія, геофізика»

на тему «Геологічна будова та мінералого-геохімічні особливості

Шевченківського пегматитового родовища»

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» 05.09.2023 № 1036-с

Розділ	Зміст	Термін виконання
Загальний	Аналітичний огляд літератури та вибір напрямку досліджень. Геолого-географічна характеристика району робіт. Розгляд існуючих гіпотез утворення пегматитів та пегматитових формацій.	9 жовтня - 22 жовтня
Спеціальний	Вибір методів вирішення завдання.	23-29 жовтня
	Геологічна будова району досліджень та рідкіснометалевих пегматитів Шевченківського родовища. Дослідження мінералого-петрографічного складу родовища. Встановлення геохімічних закономірностей розподілу рудних елементів. Визначення формаційної приналежності розглянутого родовища літію.	30 жовтня 19 листопада
	Аналіз мінерально-сировинної бази літію та перспективи освоєння Шевченківського родовища.	20 листопада 3 грудня
	Результати вивчення рідкіснометалевих пегматитів родовища	4 грудня 9 грудня

Завдання видано _____
(підпис керівника)

Приходченко В.Ф.
(прізвище, ініціали)

Дата видачі 18.09.2023

Дата подання до екзаменаційної комісії 14.12.2023

Прийнято до виконання _____
(підпис студента)

Сливний С.О.
(прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 79 с., 4 табл., 25 рис., 3 додатки, 28 джерел.

ПЕГМАТИТ, РОДОВИЩЕ, РІДКІСНОМЕТАЛЕВА МІНЕРАЛІЗАЦІЯ,
СПОДУМЕН, ЛІТІЙ, ПЕТАЛІТ, МІНЕРАЛЬНО-СИРОВИННА БАЗА

Актуальність кваліфікаційної роботи зумовлена необхідністю розвитку сировинної бази критичних мінералів України.

Об'єктом досліджень є рідкіснометалеві пегматити Західного Приазов'я Українського щита.

Предмет досліджень - геологічна будова, речовинний склад пегматитів та умови їх утворення.

Мета роботи – встановлення структурних особливостей пегматитових жил Шевченківського родовища літію, визначення генетичних особливостей формування рідкіснометалевих пегматитів досліджуваного району.

Задачі дослідження – проведення аналізу геологічної будови пегматитового поля та рудних тіл, визначення мінералого-петрографічного складу пегматитів та аналіз геохімічних аномалій району досліджень.

Методи дослідження – огляд та аналіз літературних джерел та фондових матеріалів, методи систематизації зібраних матеріалів, лабораторні методи досліджень речовинного складу пегматитів.

Новизна роботи полягає у визначенні особливостей геологічної будови та мінералого-геохімічного складу пегматитів родовища Шевченківського родовища літію як еталонного об'єкту.

Зроблено висновки про те, що вивчені пегматити Шевченківського родовища літію Західного Приазов'я Українського щита за сукупністю геологічних та економічних характеристик, є перспективним об'єктом для видобутку рідкісного металу Li як критичної сировини України та ЄС.

Апробація магістерської роботи проходила на XI Міжнародній науково-технічній конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Молодь: наука та інновації».

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ.....	5
ВСТУП.....	6
1 ГЕОЛОГІЧНА ВИВЧЕНІСТЬ РАЙОНУ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	9
1.1 Стисла геолого-географічна характеристика району робіт.....	11
1.2 Стан вивченості Шевченківського родовища літію.....	14
1.3 Генезис та формаційна приналежність пегматитів Шевченківського родовища літію.....	15
2 МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ.....	21
3 ГЕОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНУ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	24
3.1 Особливості стратиграфії та тектоніки району досліджень.....	26
3.2 Інтрузивний магматизм, метаморфізм та метасоматоз.....	29
3.3 Гідрогеологічна характеристика об'єкту досліджень.....	31
4 ГЕОЛОГІЧНА БУДОВА ШЕВЧЕНКІВСЬКОГО РОДОВИЩА.....	35
5 РЕЧОВИННИЙ СКЛАД ШЕВЧЕНКІВСЬКОГО РОДОВИЩА.....	42
5.1 Мінералогічний склад пегматитів.....	42
5.2 Петрографічний склад пегматитів.....	50
5.3 Геохімічна характеристика пегматитів.....	59
6 ПЕРСПЕКТИВИ ОСВОЄННЯ МІНЕРАЛЬНО-СИРОВИННИХ РЕСУРСІВ ШЕВЧЕНКІВСЬКОГО РОДОВИЩА ЛІТІЮ.....	65
ВИСНОВКИ.....	71
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	73
Додаток А Відомість матеріалів кваліфікаційної роботи.....	77
Додаток Б Відгук керівника кваліфікаційної роботи.....	78
Додаток В Рецензія.....	79

ПЕРЕЛІК ПРИЙНЯТИХ СКОРОЧЕНЬ ТА ПОЗНАЧОК

ДКЗ – Державна комісія по запасах корисних копалин України

PM – рідкісні метали

PЗМ – рідкісноземельні метали

PЗЕ – рідкісноземельні елементи

PЗО – рідкісноземельні оксиди

PЗ – рідкісні землі

МСБ – мінерально-сировинна база

УЩ – Український щит

РР – рідкіснометалеві пегматити

103М-22-1

ВСТУП

Гранітні пегматити, упродовж усієї світової геологічної практики, залишаються важливим джерелом найрізноманітнішої сировини - від кристалів дорогоцінного й виробного каміння та великолистуватого мусковіту до наявності в них різноманітної рідкіснометалево-рідкісноземельної мінералізації, яка визначає їхнє промислове значення як сировини на Nb, Ta, Li, Cs, Rb, Be, Y, TR, п'єзокварц тощо.

Український кристалічний щит є рідкіснометалевою провінцією, де встановлена значна кількість пегматитових родовищ різноманітних рудних формацій. Пегматити Західного Приазов'я досить добре вивчені (Шевченківське родовище, Балка Крута) та є важливим джерелом сировини для поповнення ресурсної бази України рідкісними елементами, зокрема Li, Cs, Ta та Nb.

В переліку стратегічної для України мінеральної сировини одну з головних позицій займає літій, який належить і до критичної мінеральної сировини в розвинених країнах.

Наразі літій є одним із найзатребуваніших у світі металів, і це насамперед пов'язано із "зеленою енергетикою", оскільки найшвидше зростаюча сфера його застосування - це літійвмісні акумулятори, хоча в цього металу є й інші сфери застосування: у силікатній промисловості для виготовлення спеціальних сортів скла і покриття порцелянових виробів; у металургії для виробництва високоміцних та надлегких сплавів в авіаційній, космічній та ракетній техніці; як ефективне робоче тіло для газофазних ядерних ракетних двигунів; у промисловому і лабораторному органічному синтезі як ефективні каталізатори; як оптичний матеріал у радіоелектроніці та в нелінійній оптиці, акустооптиці та оптоелектроніці.

За прогнозами Всесвітнього банку для задоволення дедалі більшого попиту на чисті енергетичні технології, виробництво таких "металів-акумуляторів", як графіт, літій і кобальт, зросте майже на 500 % до 2050 року.

Збільшення попиту на Li сягне 965 %, на Co – 585 %, Ni – 108 %, графіт – 383 %. А тому детальне та всебічне вивчення вже відкритих літєвих родовищ в Україні постійно розвивається і в недалекому майбутньому приведе до розширення мінерально-сировинної бази країни та росту її економічного потенціалу.

Головними джерелами літію в Україні є гранітні пегматити, що містять літєві мінерали (сподумен, лепідоліт, петаліт тощо).

В умовах, коли приповерхневі, розкриті ерозією родовища вже виявлені й оцінені, а пошуки “сліпих” рудних покладів потребують чималих фінансових витрат, пов’язаних передусім з бурінням свердловин, особливу роль відіграють методи наукового аналізу й узагальнення наявних геолого-геофізичних матеріалів, які можуть забезпечити пошукові роботи комплексом високоефективних критеріїв і ознак прихованого пегматитового зруденіння. В результаті всебічного вивчення отриманих матеріалів треба локалізувати пошуки на ділянках, перспективних на виявлення родовищ рідкісних металів, пов’язаних з пегматитами.

Все вищевказане дозволяє припустити, що вибрана тема магістерської кваліфікаційної роботи «Геологічна будова та мінералого-геохімічні особливості Шевченківського пегматитового родовища» на сьогоднішній день є потрібною та актуальною у світлі розвитку пошуку та розвідки родовищ Li як критичної сировини України.

Актуальність роботи зумовлена необхідністю вивчення та розвитком сировинної бази критичних мінералів України, а саме: дорозвідка виявлених родовищ літію; визначення їх промислово-генетичних типів; розповсюдження родовищ по Україні; геолого-економічна оцінка типових родовищ світу та України; перспективи майбутнього розвитку сировинної бази літію в Україні.

На конкретному прикладі, а саме Шевченківського пегматитового родовища літію, розглянуто особливості геологічної будови, походження та мінералого-петрографічного складу рідкіснометалевих родовищ корисних копалин.

Об'єктом досліджень є рідкіснометалеві пегматити Західного Приазов'я Українського щита.

Предмет досліджень - геологічна будова, речовинний склад пегматитів та умови їх утворення.

Мета роботи – встановлення структурних особливостей пегматитових жил Шевченківського родовища літію, визначення генетичних особливостей формування рідкіснометалевих пегматитів досліджуваного району.

Апробація магістерської роботи проходила на XI Міжнародній науково-технічній конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Молодь: наука та інновації».

103М-22-1

1 ГЕОЛОГІЧНА ВИВЧЕНІСТЬ РАЙОНУ ДОСЛІДЖЕНЬ

Історія вивчення пегматитів східної частини УЩ бере початок з першої чверті ХХ ст., проте їхнє цілеспрямоване дослідження розпочалось лише 70 років тому.

Протягом 1930-1950 рр. роботи мали спорадичний характер і були спрямовані, головним чином, на вивчення пегматитів як керамічної сировини. Планомірні дослідження пегматитів як рідкіснометалевої сировини розпочали в 60-х роках. Зусиллями виробничих і науково-дослідних колективів упродовж 60-90-х рр. минулого століття та на початку нинішнього створені кондиційні велико- і середньомасштабні геологічні та прогнозно-металогенічні карти східної частини УЩ, накопичено величезний фактичний матеріал з різних типів пегматитів, визначено головні напрями розшукових робіт на рідкісні метали в пегматитах.

Розшуки рідкісних металів у Західному Приазов'ї проводили під час виконання комплексних геолого-знімальних, геофізичних, геохімічних і тематичних робіт, у яких брали участь колективи під керівництвом Ю. Юрка, В. Цуканова, К. Розанова, Є. Марченка, Б. Заціхи, Л. Лавриненка, Б. Берзеніна, О. Бестужева, Ю. Шковири, М. Русакова, С. Шавла, Г. Князева, К. Литовченко, М. Зубова, В. Дралова, В. Шипілова, В. Кіктенка, О. Гончара, В. Кічурчака, В. Шпильчака, В. Ініна, Г. Пасічного, В. Кіньшакова, В. Роздорожного, Б. Бородині та багатьох інших.

Під керівництвом Б. Берзеніна у 1978-1980 та 1985-1988 рр. були складені геологічні карти докембрію східної частини УЩ масштабу 1:200 000, які в багатьох аспектах все ще актуальні. О. Гончар (1975-1977 та 1977-1980), В. Інін (1990) склали металогенічні та прогнозні карти східної частини УЩ у масштабі 1:200 000.

Досить детально пегматити Західного Приазов'я досліджували співробітники наукових установ під керівництвом Є. Лазаренка, М.

Семененка, Ю. Юрка, В. Павлишина, Б. Заціхи, М. Івантишина, Г. Князева, Л. Лавриненка, К. Литовченка, К. Розанова, С. Шавла, Н. Яценка та ін. Всі напрацьовані матеріали відображені в численних публікаціях, зокрема: Е. Литовченко. "Гранітні пегматити Західного Приазов'я", 1976; К. Розанов, Л. Лавриненко. "Рідкіснометалеві пегматити України", 1979; С. Шавло, Г. Князев, С. Кирикилиця. "Гранітні пегматити України", 1984; "Критерії прогнозування родовищ Українського щита та його обрамлення", 1980 (за ред. М. Семененка); "Мінералогія Приазов'я", 1980 (за ред. Є. Лазаренка) та ін. Під керівництвом С. Шавла в Інституті мінеральних ресурсів складені карти пегматитових полів УЩ та розроблені критерії прогнозування зруденіння, пов'язаного з пегматитами (1973, 1980).

В результаті, наприкінці 60-х років було виявлено рідкіснометалеве родовище пегматитів "Крута Балка", приуроченого до центральної частини Сорокинської тектонічної зони (Л. Лавриненко, 1974); у 1982 р. - Шевченківське родовище літєвих пегматитів у межах Шевченківсько-Федорівської структури (В. Кічурчак, Л. Ісаков, 1982); низки перспективних проявів рідкісних металів у пегматитах Сорокинської (Л. Лавриненко, 1977; О. Коваль, 1984), Шевченківської і Федорівської (Л. Ісаков, 1988; О. Коваль, 1993), Комендантівської (Г. Лепігов, Н. Вяткіна, 1973; П. Шрамко, С. Шутов, 1976; В. Кічурчак та ін., 1979; В. Пустовойтов та ін., 1990) структур та рідкісноземельних металів у пегматитах Гайчурської структури (В. Кіньшаков, В. Шпильчак, 1991).

Дослідниками докембрію Українського кристалічного щита для пегматитів східної частини УЩ було розроблено комплекс оцінювальних критеріїв [1,2, 3, 4 та ін.]. У цих працях вони підкреслювали, що в межах великих слабо вивчених пегматитоносних територій необхідно зосередити пошукові роботи лише на обмежених за площею, високоперспективних ділянках. Тому і зараз залишається актуальним питання детального вивчення родовищ літєносних пегматитів.

1.1 Стисла геолого-географічна характеристика району робіт

В адміністративному відношенні Шевченківське родовище розташоване у Великоновосілківському районі Донецької області, в 1 км на північний схід від с. Шевченко (рис. 1), в 3 км на схід від межі із Запорізькою областю.

Районний центр, смт. Велика Новосілка, знаходиться на відстані ~12 км від родовища. Відстань до найближчої залізничної станції Просяна складає ~35 км. На відстані ~16 км на північ від родовища проходить автомобільна траса державного значення №15 Запоріжжя-Донецьк. Дорога місцевого значення з твердим покриттям проходить на відстані ~1 км (рис. 1.2). Поблизу знаходяться розвідані родовища піску, які можна використати для виготовлення сумішей для закладки відпрацьованих проходів шахти.

Клімат району досліджень є помірно-континентальним з достатнім і надлишковим зволоженням, нестійкою весною, не дуже спекотним літом, теплою осінню і м'якою зимою.

Рослинний світ Великоновосілківського району Донецької області у зв'язку з її географічним розміщенням представлений, в першу чергу, степовими рослинними формаціями і частково лісостеповими та заплавними, та за багатством флори, різноманітністю і унікальністю видів дикорослих рослин не поступається іншим регіонам України, навіть таким, як Карпати і Крим. Але саме на південному сході України він зазнав найбільшої антропогенної трансформації внаслідок інтенсивного розвитку промисловості та сільського господарства, високого рівня урбанізації території. Тому збереження біорізноманітності флори є актуальною проблемою в регіоні.

Природні трав'яні екосистеми дуже змінилися внаслідок високого відсотку розорення території області та подекуди надмірного випасу худоби. Цілинні рештки природного степового травостою збережені у відносно невеликій кількості на територіях природно-заповідного фонду і окремими ділянками по балках та крутосхилах, де менше відбувається господарське навантаження на флору.

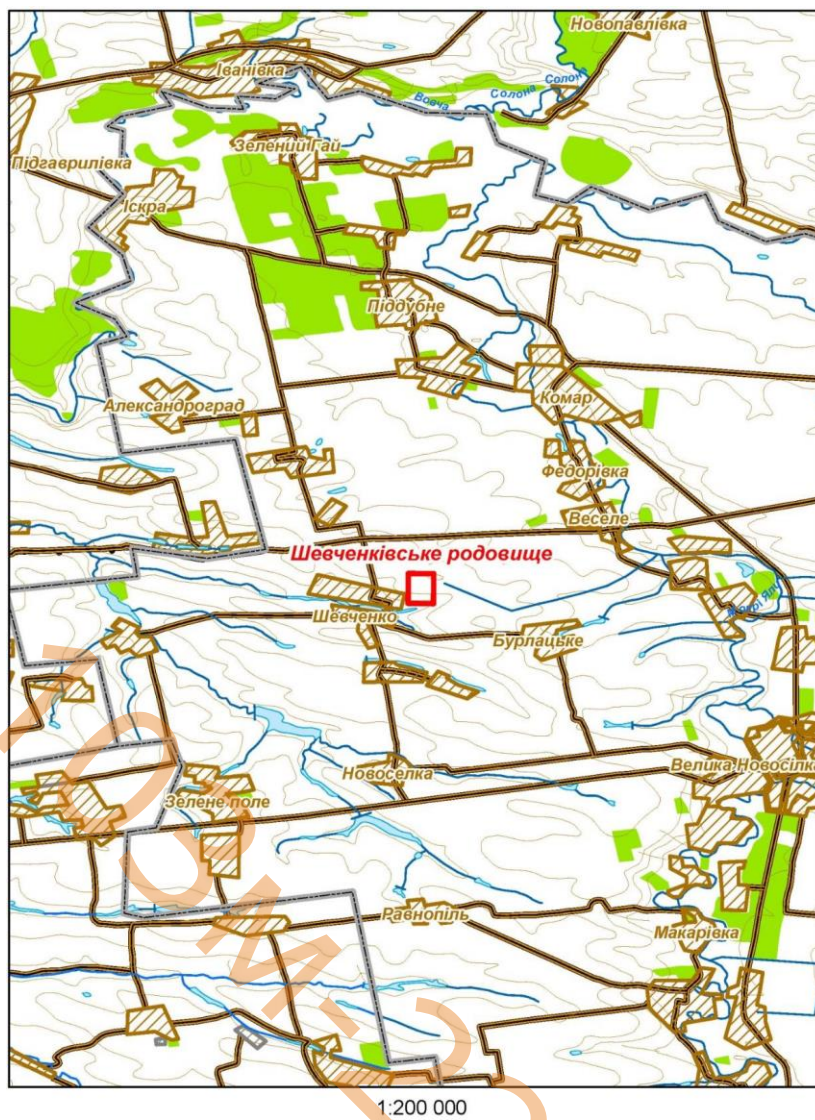


Рисунок 1.1 – Оглядова карта району робіт

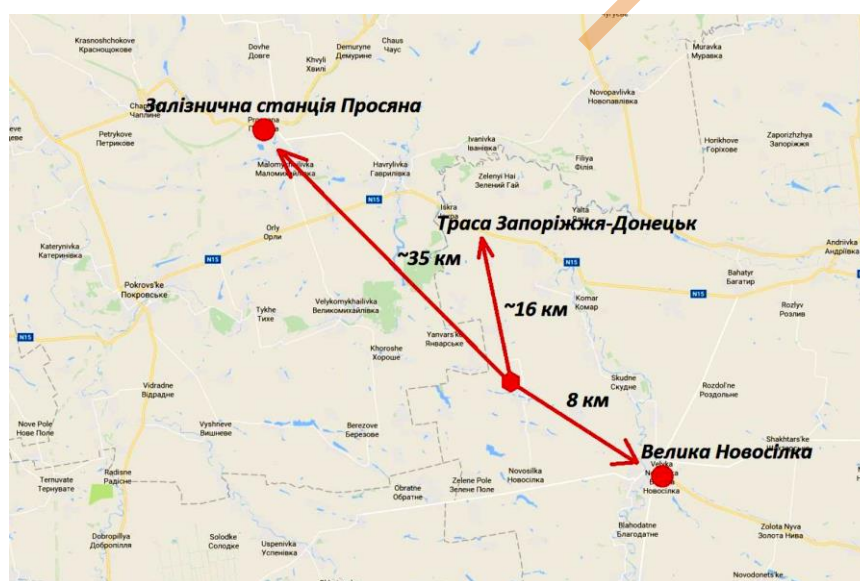


Рисунок 1.2 – Локальне розташування Шевченківського родовища

Видовий склад фауни Донецької області нараховує понад 25 тисяч видів тварин різноманітних систематичних груп, з яких більше 24 тисяч видів представлені безхребетними тваринами (молюсками, комахами, багатоніжками, павукоподібними, ракоподібними, черв'яками та іншими). Хребетні тварини представлені рибами та круглоротими, амфібіями – 9 видів, рептиліями – 12 видів. На території області постійно перебуває та відмічається на прольотах, зальотах, зимівлі та міграціях понад 300 видів птахів, майже 50 видів ссавців.

Згідно з даними науковців Донецької області 197 видів тварин (з них 118 видів – хребетні), які перебувають на території області, занесені до Червоної книги України. Понад 190 видів є рідкісними, зникаючими, ендемічними, реліктовими і мають особливу наукову, природоохоронну та іншу цінність.

Внаслідок екстенсивного землеробства сільськогосподарська освоєність та розораність території суші області досягла 85,7 та 74,4 відсотка відповідно. Через це в області спостерігається надмірний вплив сільськогосподарського виробництва на стан земельних ресурсів, що викликана надмірною розораністю території, хімізацією та меліорацією земель.

З промисловою діяльністю пов'язане виникнення техногенних форм рельєфу – кар'єрів, вуглерозрізів, котлованів, гребель, штучних зрошувальних систем, а також курганів, городищ, земляних фортечних валів.

Антропогенні форми рельєфу порушують природну рівновагу в екосистемах та активізують негативні природні процеси - ерозію, зсуви, підтоплення, заболочення.

Згідно з даними «Екологічного паспорта Донецької області» (2017 року) чисельність населення Донецької області складає – 4244,1 тис. чол.

Шевченківське родовище знаходиться у межах Приазовського мегаблоку Українського кристалічного щита (Західноприазовський металогенічний район). Знаходиться воно у степовій зоні з переважно рівнинною формою рельєфу. Водозабезпечення населення здійснюється за рахунок підземних вод.

Родовище перекрите досить потужним шаром осадових порід і корою вивітрювання (сумарно 60—100 м)[4]. Отже, проводити геологічне вивчення родовища можна лише за допомогою буріння, а розробляти винятково підземним способом (шахтами).

1.2 Стан вивченості Шевченківського родовища літію

Аналіз фондкових матеріалів та літературних джерел [5,6] показав, що Шевченківське родовище літієвих руд було відкрито наприкінці ХХ ст. за результатами великомасштабних регіональних геологічних досліджень державним геологічним підприємством "Південукргеологія". Літієве зруденіння, яке пов'язане з пегматитами альбіт-сподуменового типу, було виявлене у 1982 р. під час глибинного геологічного картування масштабу 1:50 000. Сьогодні воно має різний ступінь геологічного вивчення.

У 1983—1986 рр. у межах ділянки розвитку рідкіснометалевих пегматитів було здійснено пошукові роботи та встановлено основні фактори, які рудоконтролюють рідкіснометалеve зруденіння. За період виконання пошукових робіт виявлено зональність пегматитового поля, оконтурено площу поширення рідкіснометалевих пегматитів. вивчено внутрішню будову і речовинний склад рудоносних пегматитових тіл, розроблено принципову схему збагачення руд.

За результатами попередньої розвідки у Великоновоселківському районі Донецької області у 1984—1987 рр. розвідано центральну частину пегматитового поля на площі 0,8 км², у межах якої виділено шість крутопадаючих пегматитових тіл альбіт-сподуменового складу, які залягають у ранньо-протерозойських утвореннях на глибині від 65 до 500 м. Більше 80 % запасів руди і рідкісних металів зосереджено у двох рудних тілах із середньою потужністю 17—19 м.

Запаси літієвих руд були підраховані в геологічних границях рудних тіл пегматитових жил до глибини 500 м. Запаси затверджено ДКЗ СРСР 1988 р. За результатами попередньої розвідки Інститут мінеральних ресурсів та Інститут

"Кривбаспроект" 1987 р. дійшли висновку щодо доцільності детальної розвідки Шевченківського родовища. Однак за часів СРСР ці роботи так і не було виконано.

Протягом 2017 року на цьому родовищі без додаткового буріння (камеральним шляхом) було проведено (за приватні кошти ТОВ "ПетроКонсалтинг") попередню геолого-економічну оцінку (ГЕО-2) запасів літієвих руд, за результатами якої складено звіт, а підраховані запаси того ж року були апробовані ДКЗ України.

Результати ГЕО-2 були розглянуті ДКЗ України, опробовані запаси літієвої руди за категоріями C1 + C2 (або, згідно з Міжнародною Рамковою класифікацією ООН від 1998 р., коди класів 121 і 122) у співвідношенні 2 : 3.

Надалі планувалось буріння додаткових свердловин для кореляції запасів-ресурсів за вимогами кодексу *JORC* (зокрема для підтвердження так званих «історичних даних») [7]. Однак, ще задовго до повномасштабної агресії проти України Верховний суд України ухвалив рішення про те, що спеціальний дозвіл на користування надрами, яким володіло ТОВ "ПетроКонсалтинг" є недійсним. Таким чином, роботи на Шевченківському родовищі було штучно зупинено.

1.3 Генезис та формаційна приналежність пегматитів Шевченківського родовища літію

Походження пегматитів до сьогодні є однією з найбільш дискусійних проблем у рудній геології. Нині існує п'ять основних гіпотез пегматитоутворення.

1. Магматогенно-гідротермальна гіпотеза, розроблена А.Ферсманом, В.Нікітіним та іншими, вважає пегматити продуктом розкристалізації залишкової магми, збагаченої летючими компонентами, шляхом тривалої кристалізації з послідовним виділенням різних мінеральних асоціацій у різні фази процесу.

2. Магматогенно-пневматоліто-гідротермальна двоетапна гіпотеза американських геологів (Р.Джонс, Е.Камерон та ін.), яка на ранньому магматичному етапі допускає існування закритої системи, заповненої пегматитами простого складу за умови виносу частини елементів, та які на другому пневматоліто-гідротермальний етапі стають відкритим для глибинних розчинів, та які метасоматично переробляли більш ранні прості пегматити і формували складні за складом тіла.

3. Метасоматична двоетапна гіпотеза А.Заварицького передбачає перетворення будь-якої вихідної породи, близької за складом до граніту, у пегматит. У перший етап залишкові гарячі газоводні розчини перебували в хімічній рівновазі з вміщувальними породами і перекристалізували їх без зміни складу, тобто виникали прості великокристалічні пегматити. На другому етапі вже в обстановці відкритої системи відбувалося розчинення простих пегматитів і заміщення їх новими, насамперед рудними, мінеральними асоціаціями.

4. Ліквідаційна гіпотеза, розвинута А.А. Маракушевим і В.М. Граменицьким, стосується генезису тільки гранітних пегматитів де на прикладі шлірових пегматитів доводиться тісний генетичний зв'язок цих утворень з материнськими гранітоїдами.

5. Метаморфогенна гіпотеза, розроблена В.М. Мораховським, стосується численних пегматитових провінцій і полів, широко розвинених у фундаментах давніх платформ і для яких відсутній просторово-генетичний зв'язок з інтрузивними комплексами. Утворення цих пегматитів тісно асоціюється з виникненням і розвитком тектонічних структур і протікає на тлі падіння температур і тисків.

Для пегматитів древніх кристалічних щитів найбільшого поширення набрала гіпотеза, яка пегматитоутворення пояснює процесом формування рудної мінералізації на місці або з відторгненням насиченого леткими компонентами гранітного флюїду у вміщуючі породи-ловушки. Подібний флюїд може виникати під час формування гранітного інтрузиву, зазвичай на

завершальній фазі становлення масивів або внаслідок утворення анатектичних виплавок, насичених леткими компонентами, у процесі ультраметаморфізму.

Питання магматичного або метасоматичного походження пегматитів Зіхадного Приазов'я, яке виникає при вивченні означених пегматитів, не є новим і однозначно вирішеним, оскільки існують як магматичні так і чисто метасоматичні чинники, метасоматичні процеси інтенсивно розвинуті в пегматитах, а результати дії як зовнішніх так і внутрішніх метасоматичних. Тобто можливо припустити, що утворення пегматитів району досліджень відбувалося унаслідок перекристалізації й метасоматичного перетворення магматичних порід (аплітів, жильних гранітів) під впливом розчинів у відкритій системі.

Своєрідна структурно-тектонічна позиція Шевченківського родовища у межах Федорівської грабен-синкліналі, яка розташована в зоні зчленування Донецького авлакогену з Приазовським кристалічним масивом показує його приуроченість до субширотної тектонічної зони. Формування рідкіснометалевих пегматитів тісно пов'язане з процесами кристалізації спеціалізованих пегматитових розплавів-розчинів, що зумовили склад пегматитів, їхню морфологію і розміщення жил в ультрабазитах, сланцях і гранодіоритах. Ці пегматити відносять до типових утворень грабенів і зон глибинних розломів - провідників інтрузій ультрабазитів, базитів і гранітів. Частина рідкіснометалевої мінералізації на родовищі, безсумнівно, має метасоматичне походження, оскільки наявність в пегматитах сподумену декількох генерацій пояснюється накладеними процесами перекристалізації, які широко розвинуті в тектонічно ослаблених зонах і внаслідок хімічної міграції рудних компонентів первинних порід призвели до утворення рудоносних літєвих пегматитів.

На думку дослідників докембрію УЩ [1,13] завдяки мінералого-петрографічним, геохімічним і металогенічним властивостям, а також особливій генетичній позиції в будові Західноприазовського мегаблоку, весь процес пегматитоутворення рідкіснометалевих пегматитів у Західному

Приазов'ї чітко корелюється з розвитком та становленням Приазовського мегаблоку УЩ та складається з трьох етапів.

Перший етап пегматитоутворення в даному регіоні співпадає з ультраметаморфізмом супракрустальних товщ раннього архею коли були сформовані серії субзгідних, подекуди січних жил і шліроподібних виділень високотемпературних слабо диференційованих пегматитів. Другий етап призвів до утворення широких полів кварц-польовошпатових пегматитів керамічної спеціалізації, розвинутими в межах гранітних куполів мегаблоку, де сформовані майже всі відомі в східній частині УЩ родовища керамічної сировини. Ці пегматити утворились внаслідок гранітоїдного магматизму, представленому плагіогранітними й гранітними інтрузіями і проявленому сукупно з інтрузіями габро, діоритів. Третій етап призвів до утворення пегматитів, які принесли із собою рідкіснометалеve зруденіння та напряду пов'язаний зі становленням гранітних комплексів зеленокам'яного періоду. Вкорінення калішпатових гранітів, основних генераторів рідкіснометалевих пегматитів, тривало на завершальній стадії формування зеленокам'яних структур Приазовського мегаблоку Українського кристалічного щита.

Таким чином, за результатами аналізу фондів матеріалів, літературних джерел та проведених досліджень, вивчені пегматити Шевченківського родовища літію належать до формації рідкіснометалевих пегматитів, а за класифікацією М. Солодова до досить чітко вираженого альбіт-сподуменового парагенетичного типу.

Формування полів цих пегматитів пов'язане з численними поздовжніми і січними розривними порушеннями трогоу, які утворюють ортогональні і діагональні системи.

В межах родовища рідкіснометалеві пегматити мають досить складну морфологію та просторово і структурно тяжіють до перетину розломів північно-західного напрямку с субширотними і північно-східними. Встановлено [4], що формування рудоносних пегматитових тіл пов'язано з закладанням глибинних розломів і тріщин, які були підводящими каналами

для проникнення пегматитових розплавів і рудоносних флюїдів з глибинних частин літосфери в метабазити, кварцити, сланці та інші породи приповерхневих частин Федорівської грабен-синкліналі. Формування рідкіснометалевих пегматитів тісно пов'язане з процесами кристалізації спеціалізованих пегматитових розплавів-розчинів, що зумовили склад пегматитів, їх морфологію і розміщення жил в ультрабазитах, сланцях і гранодіоритах. Ці пегматити слід відносити до типових утворень грабенів і зон глибинних розломів - провідників інтрузій ультрабазитів, базитів і гранітів. Формування продуктивної рідкіснометалевої мінералізації відбувалося в кілька стадій. Виявлена в пегматитах літієва мінералізація дає можливість віднести їх до літієвого рідкіснометалевого типу.

Таким чином, згідно з сучасним поглядами щодо етапів пегматитоутворення у межах Західноприазовського блоку [1] то першим етапом формування пегматитів був період ультраметаморфізму на завершальному етапі формування купольносинклінорної структури Західного Приазов'я (ремівський ультраметаморфізм). У цей час пегматити утворились як неосома часткового плавлення первинних порід та як пегматити автохтонних гранітних масивів. До другого етапу пегматитоутворення належить становлення гранітогнейсових куполів і вкорінення масивів шевченківських плагіогранітів. На третьому етапі йшло формування інтрузивів двопольовошпатових гранітів январського, добропільського й салтичанського комплексів, яке супроводжувалось проникненням значної маси пегматитових утворень до ослаблених зон зеленокам'яних поясів де і утворилися пегматити різних типів (у тому числі рідкіснометалевих і рідкісноземельних) залежно від часу, глибини їхнього відторгнення та спеціалізації самих масивів. Унаслідок цих процесів утворилися поля рідкіснометалевих і рідкісноземельних пегматитів – Шевченківське, Федорівське, Вовчанське, Сорокинське, Гайчурське та ін., які сформували Сорокинсько-Гайчурський та Шевченківсько-Берестівський пегматитові пояси.

Висновки до розділу 1.

Проаналізовано історію геологічної вивченості пегматитів Західноприазовського блоку УЩ, яка почалася більш ніж 100 років тому. Встановлено, що на початку пегматити вивчалися як керамічна сировина, а з 60-х років 19 ст. розпочалися планомірні дослідження пегматитів на рідкіснометалеve зруднення. Наведено стислу геолого-географічну характеристика району робіт та охарактеризовано стан вивченості Шевченківського родовища літію. Розглянуто існуючі гіпотези утворення пегматитів: найпоширеніша є маγμαмагмагенна, метасоматична та ультраметаморфічна. За геологічними даними та мінеральним складом, пегматити Шевченківського родовища літію сформувались у три етапи: становлення гранітогнейсових куполів, вкорінення масивів шевченківських плагіогранітів, формування пегматитових утворень з рудною мінералізацією по ослаблених зонах зеленокам'яних поясів. Встановлено, що за формаційною приналежністю досліджені пегматити належать до рідкіснометалевих пегматитів Li-Cs-Rb типу.

2 МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

Кваліфікаційна робота написана за результатами вивчення пегматитів та вміщуючих порід Шевченківського родовища літію. При проведенні досліджень та написанні роботи автором використовувались геологічні, мінералогічні дані та результати хімічних аналізів, фондові матеріали та літературні джерела.

Методологічну основу роботи становлять загальнонаукові та спеціальні методи наукового пізнання. Первина роль надається системному підходу, за допомогою якого узагальнено результати різноманітних окремих методів досліджень, які включають інформаційний, статистичний, хронологічний, порівняльний розрахунковий тощо.

Використання мінералогічних, петрографічних, статистичних, фізичних, хімічних та інших спеціальних методів дослідження дозволило вивчити пегматити з рідкіснометалевою спеціалізацією та встановити їх геолого-мінералогічні особливості в межах Шевченківського родовища.

Методика проведення досліджень складалася з наступного комплексу робіт:

- 1) аналіз та узагальнення даних літературних джерел;
- 2) вивчення картографічного матеріалу родовища та речовинного складу рудовмісних пегматитів;
- 3) лабораторні дослідження об'єктів вивчення;
- 4) з'ясування закономірностей локалізації пегматитових жил;
- 5) дослідження чинників генетичного становлення рудовмісних пегматитових структур;
- 6) визначення ролі Шевченківського родовища літію у мінерально-сировинній бази України.

Вибір методів дослідження продиктований змістом перерахованих завдань і реальними умовами їх виконання.

На першому етапі роботи були зібрані, проаналізовані та узагальнені матеріали - текстові та графічні дані про геологічну будову Федорівської тектонічної зони Західноприазовського блоку, в межах якої розташоване Шевченківське пегматитове родовище. Аналіз фондових матеріалів дозволив узагальнити відомості про геологічну будову родовища та речовинний склад пегматитів за результатами попередніх досліджень.

Далі було проведено узагальнення даних, які були отримані при проведенні досліджень.

У вирішенні поставлених завдань використані традиційні методи вивчення речовинного складу - петрографічний, мінералогічний, а також методи металогенічного аналізу (рудоформаційний аналіз, порівняльно-геологічний, генетичний метод).

Петрографічні дослідження і визначення властивостей рудних мінералів проводилися в лабораторії вивчення речовинного складу корисних копалин Національного технічного університету «Дніпровська політехніка» з використанням рудних і поляризаційних мікроскопів Альта Полар Р-312, Полам Р-312 в прохідному і відбитому світлі, бінокулярного мікроскопа Мін-6, мікротвердометра ПМТ-3.

В ході роботи було вивчено 16 зразків пегматитів та 18 шліфів з Шевченківського родовища, переглянуто 34 шліфа з колекцій шліфотеки кафедри геології та розвідки родовищ корисних копалин; вивчені результати: силікатних хімічних, спектральних напівкількісних, мікроспектральних лазерних, термічних і ізотопних аналізів. Ці методи були використані з метою визначення як рідкіснометалевих пегматитів так і вміщуючих порід супракрустальних та зеленокам'яних комплексів району досліджень.

Проведено інтерпретацію результатів хімічного та рентгеноспектрального аналізів, які виконані в лабораторії КП «Укрпівденгеологія».

Для виявлення закономірностей розміщення рудоносних пегматитових жил автором проведено аналіз побудованих раніше геологами, тектонічних

схем, детальних геологічних і металогенічних карт пегматитового родовища, що дозволило визначити головні особливості геологічної будови та речовинного складу рідкіснометалевих пегматитів

На завершальній стадії дослідження розглянуті геологічні та мінералого-геохімічні особливості рідкіснометалевих пегматитів, чинники їх локалізації у досліджуваному районі, визначено їх умови формування в межах Західноприазовського блоку УЩ та проаналізовано перспективи та роль Шевченківського родовища літію у розвитку мінерально-сировинної бази України.

Висновки до розділу 2.

Обрано методи дослідження. Проаналізовані та узагальнені дані фондових матеріалів та літературних джерел; з метою вивчення речовинного складу пегматитів родовища в лабораторії проведено їх дослідження та обробка результатів – встановлено основні рудні мінерали літію та виділені головні петрографічні типи пегматитів.

3 ГЕОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНУ ДОСЛІДЖЕНЬ

Територія району досліджень розташована у Приазовському мегаблоці Українського кристалічного щита, займає в основному його південно-західну частину і іноді розглядається як самостійний Західноприазовський блок (ЗПГБ) I порядку (рис.3). На заході він обмежений Оріхово-Павлоградським глибинним розломом, його східною межею служить Малоянісольський розлом, а на півночі він межує з Дніпровсько-Донецькою западиною (ДДЗ).

Головними структурами ЗПГБ є Вовчанський та Салтичанський гранітогнейсові купольні структури (ГГКС), Оріхово-Павлоградський та Малоянісольський синклінорії та вузькі трогові структури, що формують протяжні зеленокам'яні пояси в зонах зчленування зазначених синклінорних структур і куполів.

В ядерної частині Салтичанського антиклинорію розташовані Гуляйпольський і Салтичанський масиви, а в крайовій екзоконтактової частині Вовчанського куполу знаходиться Воскресенський масив, які сформувалися внаслідок широко проявлених процесів гранітизації та мігматизації в гранітогнейсових куполах.

Характерною особливістю цих куполів є наявність в ядерних частинах гранітоїдів. Масиви, складені цими гранітоїдами, залягають серед метаморфічних порід і мають з ними поступові переходи та вміщують численні ксеноліти супракрустальних порід і ознаки перекристалізації.

На півночі Західноприазовського блока розташований Вовчанський купол (рис.3), який за своїм положенням та геолого-структурними особливостями розглядається як блок протоплатформеного типу, складений монотонними полями плагіомігматитів біотитового та амфібол-біотитового складів з рідкими останцями гнейсів. У його східній частині розташована Федорівська ЗКС, складена породами тернуватської товщі. Її вісь простягається в широтному напрямку. Із заходу до неї примикає своєю південною

частиною Шевченківська ЗКС, також складена породами цієї товщі. В її південному замку відкрите родовище рідкісних металів.

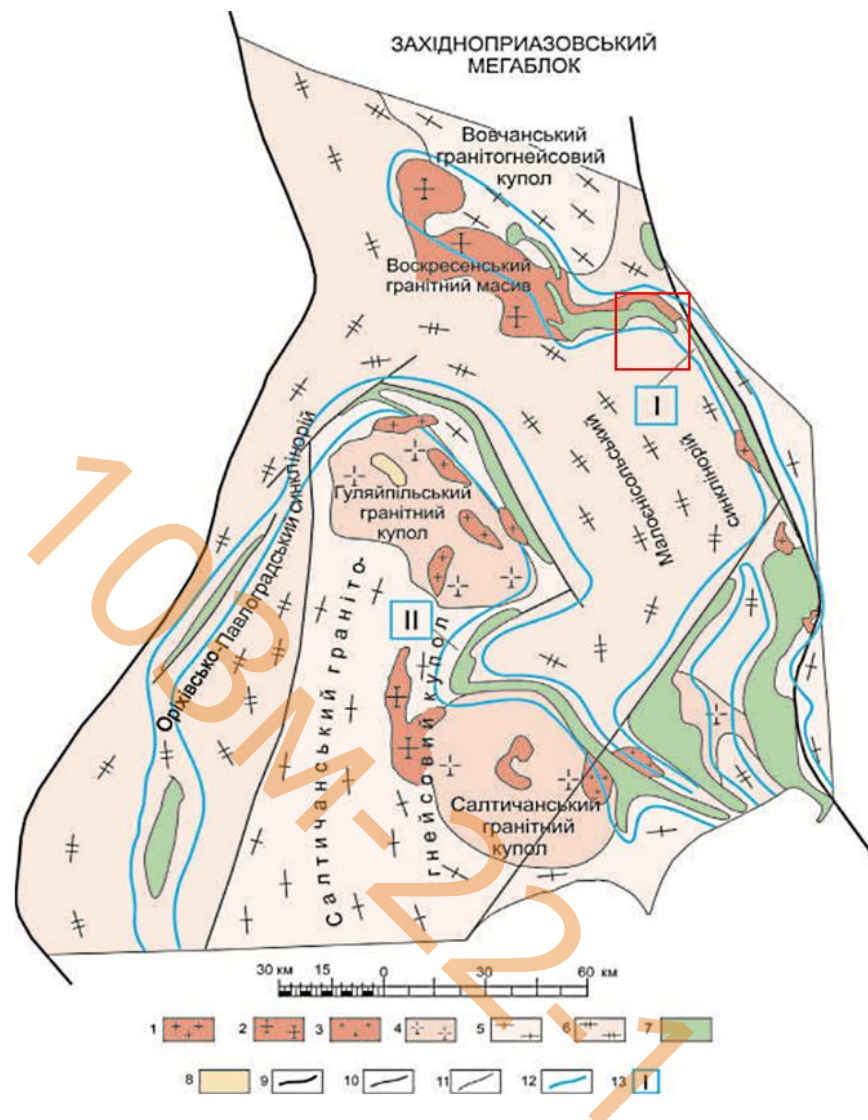


Рисунок 3.1 — Геолого-структурна схема Західноприазовського блоку [8]

Умовні позначення до рис.1:

Двопольовошпатові граніти: 1 – добропільського, 2 – январського, 3 – салтичанського комплексів; 4 – плагіограніти, тоналіти шевченківського комплексу; 5 – метаморфічна західно-приазовська серія та ультраметаморфічний новопавлівський комплекс купольних структур; 6 – метаморфічні товщі (вовчанська й драгунська) та ультраметаморфічний ремівський комплекс шовних зон; 7 – метаморфізовані вулканогенно-теригенні комплекси трогових структур зеленокам'яного типу (осипенківська серія й новогурівська, тернуватська, косівцевська товщі); 8 – теригенні комплекси прирозламних накладених структур (гуляйпільська світа); 9 – регіональні глибинні розлами; 10 – інші розривні порушення; 11 – геологічні границі; 12 – умовні межі зеленокам'яних поясів; 13 – зеленокам'яні пояси: I – Шевченківсько-Берестівський, II – Сорокинсько-Гайчурський; - район робіт.

3.1 Особливості стратиграфії та тектоніки району досліджень

В геологічній будові районі досліджень, а саме в Західноприазовському блоці приймають участь метаморфічні і магматичні гірські породи докембрію від палеоархею, до палеопротерозою (рис.3.1).

Палеоархейськими утвореннями є породи західноприазовської серії, вовчанської та драгунської товщі, мезоархейськими є породи осипенківської серії та тернуватської товщі, неоархейськими утвореннями - породи центральноприазовської серії, а палеопротерозойські складені породами дібровської, гуляйпільської і садової свит.

Товщі метаморфічних утворень складені різноманітними за складом гнейсами, кристалічними сланцями, мігматитами та гранодіоритами, які відрізняються певними структурно-текстурними, літолого-петрографічними, петрографічними та геохімічними особливостями.

Так, архейські утворення в межах району робіт представлені товщою глибокометаморфізованих вулканогенних та осадово-вулканогенних порід *західноприазовської серії*, яка складає антиклинальні підняття.

Найчастіше вони є амфіболові, біотит-амфіболові, піроксен-біотит-амфіболові різновиди гнейсів та кристалічних сланці.

Метаморфізовані породи західноприазовської серії, розчленовується на дві товщі: нижню – верхньотокмакську і верхню – кайнкулакську.

Двупіроксенові плагіогнейси, основні кристалосланці, рідше — амфіболіти, зазвичай чергуються в розрізі, та належать до верхньотокмакської товщі (AR1 vt).

Кайнкулакська товща (AR1 knk) поширена на всій території району дослідження і складається з плагіогнейсів та кристалосланців біотитових, амфібол-біотитових, біотит - і амфібол-піроксенових гранат-біотитових та піроксенових амфіболітів.

До нижньо-протерозойських покладів належать метаморфічні утворення *центральноприазовської серії*, осипенківської свити та гранітоїди приазовського комплексу.

Центральноприазовська серія широко розвинута в межах Центрально-Приазовської і Білоцерківської синкліналей і Корсакського синклінорія. Вона складається з трьох свит: темрюкської, сачкінської та каратишської.

Темрюкська свита складена графітовими, біотитовими та високоглиноземистими гнейсами, а також польвошпатовими та гранатовими кварцитами.

Сачкінська свита представлена чергуванням піроксен-магнетитових кварцитів, кальцифірів, мармурів і графітвміщуючих гнейсів та розділяється на дві підсвити: нижню - богданівську і верхню - дем'янівську, які різняться наявністю лейкократових гранулітів в останній.

Каратишська свита залягає на товщі порід сачкінській свиті та складена з інтенсивно мігматизованими біотитовими і амфібол-біотитовими гнейсами, які переходять у біотитові та амфібол-біотитові мігматити та анатектичні плагіограніти.

Осипенківська свита має незначне поширення в межах досліджуваного району та складається з трьох пачок порід (глиноземиста, карбонатна і графітовмісних сланців). Для неї характерні біотит-гранатові, амфібол-біотитові, ставролітові, графітові, турмалінвміщуючі сланці, кальцифіри і мармури.

Ультраметаморфічний приазовський гранітоїдний комплекс складений породами які утворилися при мігматизації, анатексизі, палингенезі первинних осадових, вулканогенних та осадово-вулканогенних архейських та протерозойських товщ. У його складі встановлені діорити та гранодіорити, а також мігматити.

З породами центрально-приазовської серії пов'язані більш кислі за складом різновиди ультраметаморфічних порід (плагіограніти та рожево-сірі мігматити різного мінерального складу: з біотитом, амфіболом та піроксеном) Анатектичні та палингенні плагіограніти, гранодіорити і діорити залягають серед вміщуючих товщ у вигляді лінз та пластів.

Докембрійські утворення розглянутої території всюди перекриті чохлам осадових відкладень мезо-кайнозойського віку. Серед них найбільш поширеними є відкладення неогену: пісковики, вторинні каоліни, піски полтавської свити та глини, вапняки понтичного ярусу.

Відкладення четвертинної системи включають ґрунтово-рослинний шар, суглинки та супіски.

Тектонічна будова району робіт дуже складна, тому що Приазовський геоблок УЩ сформувався на протязі архейського, протерозойського, палеозойського і мезокайнозойського віку, внаслідок чого були сформовані специфічні три структурні поверхи.

Головною тектонічною структурою є Вовчанський і Салтичанський гранітогнейсові куполи та вузькі трогові структури, які формують Федоровську зеленокам'яну структуру. Найбільш значними купольними структурами є Воскресенський та Январський масиви у крайовій екзоконтактовій частині Вовчанського куполу. Для них характерна наявність в антикліналях гранітоїдів та пегматоїдних порід. Ці масиви залягають серед метаморфічних порід, мають поступові переходи до них, зберігають їх численні ксеноліти та ознаки перекристалізації. У межах зазначених гранітогнейсових куполів та Шевченківсько-Федорівської трогової структури обрамлення вміщуються пегматитові поля безрудної, рідкісноземельної та рідкіснометалевої спеціалізації.

У тектонічному плані у Приазов'ї виділено великі плікативні і розривні структури першого порядку, які сформували сучасний вигляд Приазовського геоблоку.

На сході району досліджень розташована Центрально - приазовська синкліналь, яка складається супракрустальними відкладеннями центральноприазовської серії. На заході від центру Приазовської антикліналі розташована велика Білоцерківська синкліналь, з дуже складною внутрішньою будовою, розріз якої складений метаморфічними утвореннями центральноприазовської серії.

3.2 Інтрузивний магматизм, метаморфізм та метасоматоз

Магматичні та ультраметаморфічні комплекси району досліджень є автохтонними, параавтохтонними та інтрузивно-гранітоїдними магматичними утвореннями. До палеоархейських належать новопавлівський і ремівський комплекси; до мезоархейських – токмацький, шевченківський і добропільський; до палеопротерозойських – обіточненський, анадольський, салтичанський, коларовський.

Ремівський комплекс - це автохтонні плагіограніти і плагіомігматити, які розвинені по метаморфічним породам західноприазовської серії і є фундаментом мезоархейських зеленокам'яних структур (їх вік 3.2-3.0 млрд. років)

З зеленокам'яним етапом пов'язано утворення гайчурського та сорокинського комплексів (дуніти, перидотити, габро та діабазы, віком 3,2-2,8 млрд. років). Породи сорокинського комплексу (AR₃ sr) (серпентиніти, коматитити перидотитові, коматититові перидотити, тремолітити) січуть породи Ольгинської свити, та не взаємодіють з породам вищезалягаючої крутобалкінської свити Осипенківської серії. Вони поділені на три формації: плагіограніт-мігматитову (пмAR₂), діоритову (дAR₂), габро-перидотитову (гпAR₂), які зустрічаються досить рідко в районі робіт.

Гранітоїди зеленокам'яної стадії представлені породами добропільського комплексу (3000-3100 млн.років), шевченківського комплексу (2780-2890 млн. років) і чарнокітоїдами токмацького комплексу (2800 млн. років) [2].

Діорити, кварцові діорити і тоналіти *добропільського комплексу* є інтрузивно-магматичними утвореннями мезоархею і просторово підпорядковуються породам косивцівської товщі, утворюючи Добропільську та Роздольнинську інтрузії. Вони приурочені до Гайчурської зони розломів та входять до складу тоналіт-діоритової формації (тдPR1).

До *токмацького комплексу* (AR3tkm.) віднесені ультраметаморфічні ендербіти та чарнокіти ((Э, en) AR₃ tk) які розвинені серед метаморфічних порід західноприазовської серії, метаморфізованих у гранулітовій фації.

Шевченківський комплекс ((gd,d,qd,pg,m) AR3 šv) представлений ультраметаморфічними діоритами та кварцевими діоритами, плагіогранітами та плагіомігматитами, апліто-пегматоїдними гранітами та пегматитами, які найбільш поширені в межах Берестівської синкліналі. Утворення цих порід пов'язують з Na-Si і K-Si метасоматозом первинних порід західноприазовської серії. Породи шевченківського комплексу віднесені до тоналіт-мігматитової формації (тмAR2).

Для західноприазовського геоблоку характерні дуже інтенсивні прояви ультраметаморфічного гранітоутворення, внаслідок чого були утворені граніти анадольського та салтичанського комплексів.

До складу *анадольського комплексу* ((ig, g, gd, m) PR1 an) (група январських гранітів) входять порфіроподібні двопольовошпатові граніти рожевого кольору повсюдного розвитку. Це рожеві та рожево-сірі різнозернисті, нерідко порфіроподібні біотитові та біотит-мусковітові граніти, лейкократові граніти. За генезисом вони є типовими ультраметаморфічними утвореннями, сформованими в результаті метасоматичної переробки і часткового плавлення в ранньому протерозої гнейсів і гранітоїдів архейського віку. Вік гранітів становить 2,1–1,85 млрд років, та належить до граніт-мігматитової формації (гмPR1).

До *салтичанського комплексу* (PR1 sl) належать сірі і рожево-сірі дрібно-середньозернисті біотитові граніти з ортитом, з якими пов'язані родовища й перспективні прояви рідкісних і рідкоземельних елементів, а також апатиту, алмазів та ін. [2].

Обіточненський комплекс — ((n, nd, d)) PR₁ об представлений діоритами, габродіоритами, гранодіоритами й тоналітами, широкорозвиненими в межах Західного Приазов'я. Вік порід цього комплексу -2020-2150 млн. років. З

гранітоїдами обіточненського комплексу пов'язані великі жили керамічних пегматитів, які несуть рідкіснометалеве зруднення.

Внаслідок довгого часу свого геологічного розвитку та складній тектонічній будові Західноприазовського блоку, в докембрійських комплексах порід району дослідження широко розвинуті перекристалізаційні процеси метаморфізму та метасоматозу. Метасоматичний процес у породах структури виражається в розвитку турмаліну, фібролітизації, мусковітизації, хлоритизації, сульфідизації, які частково або повністю змінили первинні утворення кристалічного щита та привели до утворення цілого ряду корисних копалин.

3.3 Гідрогеологічна характеристика об'єкту досліджень

Площа, в межах якої розташоване родовище, представляє собою вододільне плато р.р. Гайчур, Вовча та Мокрі Яли (які відносяться до басейну р. Дніпро), що пересікається б. Ворона та її відгалуженнями у напрямку з південного сходу на північний захід. Постійний водотік в яружно-балочній системі (яка впадає у р. Вовча) відсутній і з'являється тільки у період інтенсивних опадів або сніготанення. Долини річок на площі району робіт слабо розчленовані, мають пологі схили та невелику глибину врізу (до 2 м) і ширину заплав до 0,8 км. Ухили річок складають 0,6-0,8%, швидкість течії 0,2-0,9 м/с. Амплітуда коливань рівня у річках на протязі року може коливатися в межах 0,2-3,4 м.

Якість поверхневих вод району знаходиться у взаємозв'язку з метеофакторами та, як правило, їх мінералізація та загальна жорсткість збільшується у меженний період, а у період повені вони зменшується.

Грунтові води, які приурочені до четвертинних суглинків, на території Шевченківського родовища не вивчалися. Підземні води усіх горизонтів за показниками якості їх макрокомпонентного складу не відповідають вимогам їх використання як для цілей господарчо-питного водозабезпечення (ГПВ), так і зрошення земель.

В межах родовища підземні води розповсюджені у відкладах неогену, палеогену, крейди, в тріщинуватій зоні докембрійських кристалічних утворень та їх корі вивітрювання [23]. Підземні води, які розповсюджені у породах осадового чохла, мають практично єдину в регіональному плані поверхню рівня, що свідчить про наявність тісного гідравлічного взаємозв'язку між поширеними тут водоносними горизонтами.

Слабоводоносний горизонт в елювіальних і еолово-делювіальних відкладах неоплейстоцену (e, vd P_i-iii) приурочений до суглинків, які мають потужність близько 10 м. Грунтові води типу «верховодки» приурочені до підшви суглинистих відкладів. Горизонт в межах родовища не вивчався, так як не має практичного впливу на умови розробки корисної копалини.

Водотривка товща червоно-бурих глин пліоцену та строкатих глин міоцену (N₂cb+N₁ps) стратиграфічно представлена червоно-бурими глинами пліоцену, які мають потужність 10,0-21,5 м, строкатими глинами з прошарками піску глинистого міоцену з сумарною потужністю близько 10 м. Середня сумарна потужність водотриву змінюється, в основному, від 20 м до 30 м.

Водоносний горизонт у відкладах міоцену (N₁) має повсюдне поширення на площі родовища. Стратиграфічне наповнення водовмісних порід представлене відкладами новопетрівського та сарматського регіоярусів.

Літологічно водовмісні породи новопетрівського регіоярису представлені різнозернистими слабоглинистими пісками з прошарками глин, сарматського регіоярису – дрібнозернистими глинистими пісками з прошарками глин та обводненою потужністю від 3 м до 10 м. Рівень підземних вод горизонту розкритий на глибинах 40-51 м.

Водоносний горизонт у відкладах канівського і бучацького регіоярусів еоцену (водоносний горизонт еоценових відкладів) має широке розповсюдження по площі родовища. Стратиграфічне наповнення водовмісних порід представлене переважно відкладами бучацького регіоярису (P₂ bc), які представлені різнозернистими глинистими, іноді вуглистими

пісками. Глибини залягання рівня горизонту складають 44,2-55,4 м (абсолютні відмітки 100,8-101,9 м). Потужність водовмісних пісків складає 2-25 м (в середньому 8,6 м).

Водоносний горизонт у відкладах верхньої крейди (K2) розвинутий в північній та центральній частинах родовища. Відклади представлені глинисто-мергельною товщею з прошарками вапняків. Водовмісними породами є тріщинуваті вапняки.

Водоносний горизонт у тріщинуватій зоні кристалічних порід і їх кори вивітрювання (AR-PR) має повсюдне поширення і приурочений переважно до зон тріщинуватості. Потужність зони дезінтеграції в межах родовища змінюється від 2,0 м до 36,0 м в середньому не перевищує 20 м.

Водоносний горизонт вивітреної частини кристалічних порід спостерігається на глибині 68,6 м. Дебіт свердловини становить 1,2 дм³/с (103,7 м³/д) при зниженні рівня на 8,7 м, питомий дебет 0,1 дм³/с. Значення коефіцієнту фільтрації складає 1,07 м/д, водопровідності 39,5 м²/д.

Таким чином, підземні води міоценового, еоценового, верхньокрейдного водонесних горизонтів та зони активної тріщинуватості кристалічних порід відносяться до сульфатного типу, а глибоких тріщинуватих зон до хлоридного типу, що підкреслює правильність висновку щодо тісного взаємозв'язку підземних вод, які циркулюють в осадових породах і зоні екзогенної тріщинуватості. Підземні води зони тектонічної тріщинуватості практично гідравлічно не пов'язані з вищезалягаючими водонесними горизонтами.

Висновки до розділу 3.

Проаналізовано геологічну будову району досліджень. Встановлено, що Західноприазовський блок УЩ відрізняється дуже складною будовою, обумовленою перетином головних глибинних розломів геоблоку які і сформували Федорівську грабеноподібну структуру та ряд антикліноріїв і синкліноріїв. Саме з нею пов'язане Шевченківське пегматитове родовище літію. Вона складена комплексом магматичних, метаморфічних, ультраметаморфічних порід AR-Mz віку, а також утвореннями зеленокам'яних

вулканогенних порід, які облямовують Вовчанський, Салтичанський, Куйбишевський, та Корсакський масиви.

103М-22-1

4 ГЕОЛОГІЧНА БУДОВА ШЕВЧЕНКІВСЬКОГО РОДОВИЩА

Шевченківське родовище приурочене до північно-східного обрамлення Західноприазовського блоку УЩ (рис 1.3). Воно локалізоване на південному замиканні Шевченківської грабен-монокліналі і входить до складу однойменного пегматитового поля.

Це та інші пегматитові поля, які розташовані поблизу, утворюють єдиний Шевченківсько-Віслинський пояс, розміщений на зчленуванні Шевченківської грабен-монокліналі з Федорівською грабен-синкліналлю у кристалічних породах тернуватської товщі.

Шевченківське родовище рідкіснометалевих пегматитів приурочене до замкової частини синклінальної складки, що сформувалась у зоні різкого розвороту і з'єднання двох різноспрямованих гілок Шевченківсько-Федорівської структури. (рис.4.1).

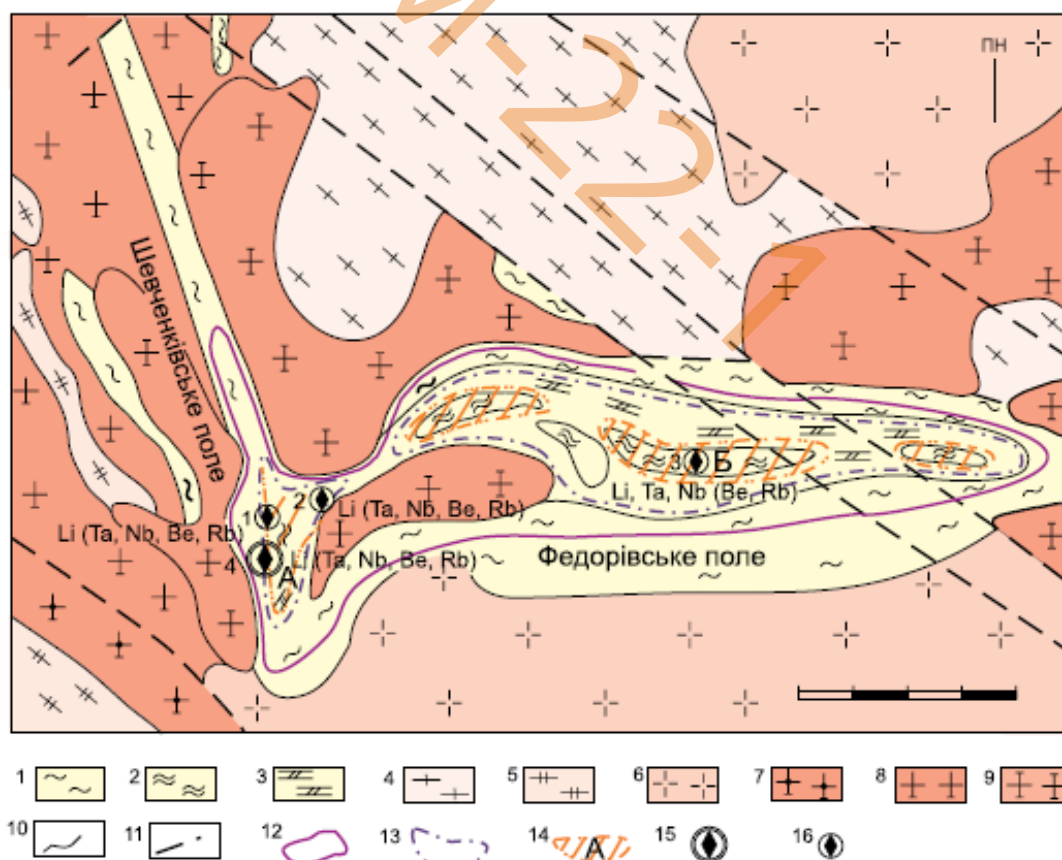


Рисунок 4.1 – Схематична карта Шевченківського та Федорівського пегматитових полів [16]

Умовні позначення до рис.4.1:

1–3 – пегматитовмісні утворення тернуватської товщі: 1 – пачка слюдистих високоглиноземистих сланців, 2 – пачка меланократових амфіболових, амфібол-біотитових сланців, 3 – сланцево-карбонатна пачка; 4–5 – гнейсово-мігматитова товща; 6 – плагіограніти шевченківського комплексу; 7–9 – граніти январського комплексу: 7 – амфібол-біотитові з магнетитом, 8 – біотитові, 9 – мусковіт-біотитові лейкократові; 10 – межі геологічних підрозділів; 11 – розломи; 12 – межі розвитку пегматитових полів; 13 – ділянки (вузли) переважного розвитку альбітових і альбіт-мікроклінових пегматитів; 14 – ділянки (вузли) розвитку альбіт-петаліт-сподуменових та альбіт-сподуменових пегматитів: А – Шевченківський, Б – Мокроялинський; 15 – Шевченківське родовище рідкіснометалевих пегматитів; 16 – рудопрояви рідкіснометалевих пегматитів: 1 – Воскресенський, 2 – Воскресенський-2, 3 – Мокроялинський

Рідкіснометалеві та рідкісноземельні пегматити разом із безрудними кварц-польовошпатовими різновидами формують протяжні пегматитові поля, що контролюються троговими зеленокам'яними структурами.

Безпосередньо в контактних зонах Шевченківсько-Федорівської структури закартовано Январський масив біотитових і аляскітових гранітів і Краснокутський масив мусковіт-біотитових гранітів.

У структурному плані родовище (рис.4.2). представляє собою вузьку ізоклінальну складку субмеридіонального простягання з падінням порід на захід під кутом 60—90°. Ширина пегматитового поля — 260—300 м, довжина — 1400 м, на глибину пегматитові тіла простежені до 600 м. Потужність кори вивітрювання до 35 м.

Розріз товщі вміщуючих порід, метаморфізованих в умовах кордієрит-силіманіт-мусковітової субфації епідот-амфіболітової фації регіонального метаморфізму, представлений трьома пачками.

Нижня (високоглиноземна) пачка потужністю 300-700 м. складена біотитовими, мусковіт- і гранат-біотитовими кристалосланцями з перемінними кількостями силіманіту, кордієриту і (зрідка) дистену. Середня (карбонатна) пачка складена, головним чином, інтенсивно скарнованими кальцифірами, а також, в обмеженій кількості, кристалосланцями різного мінерального складу. Потужність пачки 200-300 м.

Верхня (кристалосланцева) пачка потужністю 700 м. складена біотитовими, амфібол-біотитовими і піроксен-амфібол-біотитовими кристалосланцями з гранатом, шерлом, силіманітом, кордієритом. до 83,8 м за потужністю.

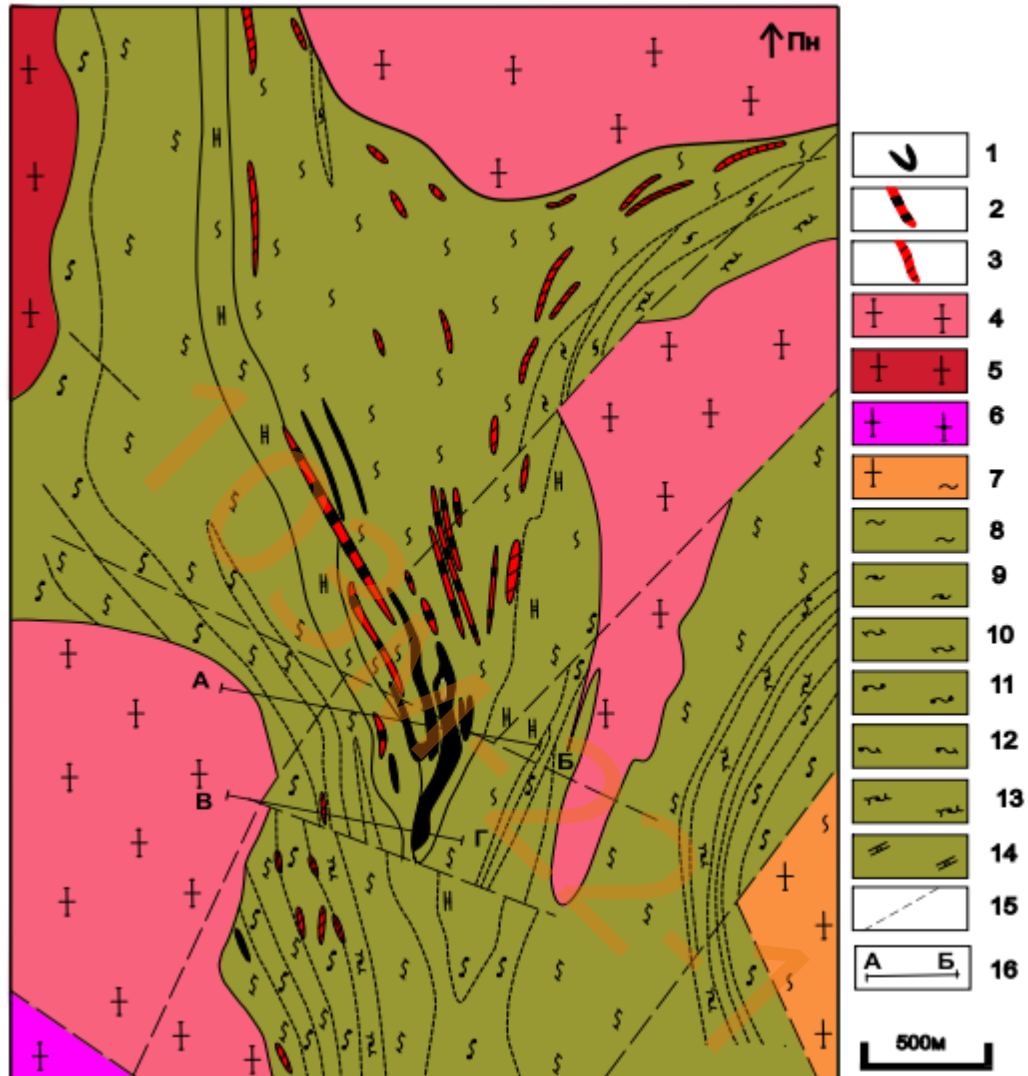


Рисунок 4.2 – Геологічна карта Шевченківського родовища

Умовні позначення до рис.4.2: *Пегматити*: 1 — альбіт-сподуменові; 2 — альбіт-мікроклінові, альбітові; 3 — мікроклінові, мікроклін-олігоклазові керамічні. *Граніти*: 4 — мусковіт-біотитові; 5 — біотитові; 6 — амфібол-біотитові меланократові, гранодіорити; 7 — мігматити біотитові. *Кристалічні сланці*: 8 — біотитові; 9 — амфібол-біотитові; 10 — мусковіт-біотитові з кордієритом і силіманітом; 11 — гранат-біотитові з кордієритом і силіманітом; 12 — гранат-мусковіт-біотитові; 13 — біотит-піроксен-амфіболові; 14 — кальцифіри скарновані; 15 — розломи; 16 — лінії геологічних розрізів

В межах родовища безпосередньо над породами кристалічного фундаменту (їх вік — більше 2 млрд. років) розвинута площинна кора вивітрювання (сформувалась у мезозої) потужністю від 6 до 84 м, яка

перекривається чохлом піщано-глинистих осадків кайнозою потужністю 68 - 120 м.

Пегматитовмісні утворення зім'яті у вузьку перекинуту ізоклінальну складку субмеридіонального простягання, крила якої падають у західному напрямку під кутами 60-90°. У південній частині родовища за маркувальним горизонтом порід середньої пачки картується чітко виражене центриклінальне замикання складки. На північ складка поступово розкривається з підвертанням у східному напрямку (до Федорівської структури).

В межах родовища виявлено шість крутопадаючих пегматитових тіл альбіт-сподуменового складу. Вони зустрічаються у ранньо-протерозойських утвореннях на глибинах від 65 до 500 м.

Пегматити родовища представлені системою із шести крутих субпаралельних жил, які розміщені кулісоподібно та концентруються серед порід кристалосланців тернуватської товщі [5]. Зона їхнього розвитку простягається на відстань до 2 км зі сталим західним падінням жил під кутами 55–88° і простяганням у південній частині за азимутом 8–26°, а на півночі родовища – за азимутом 323–360°. Параметри жил коливаються в широких межах: від 144 до 1076 м за довжиною та від 2,0 до 83,8 м за потужністю. Протяжність пегматитових тіл на глибину є мінливою у різних перетинах (рис.4.3, 4.4).

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-мікрокліно вий; кварц-альбітовий; 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

(пегматоїдна); кварц-альбітова різнозерниста; альбіт-сподуменова; мікроклін-сподуменова; петаліт-сподуменова; блокового мікрокліну (рис. 4.3).

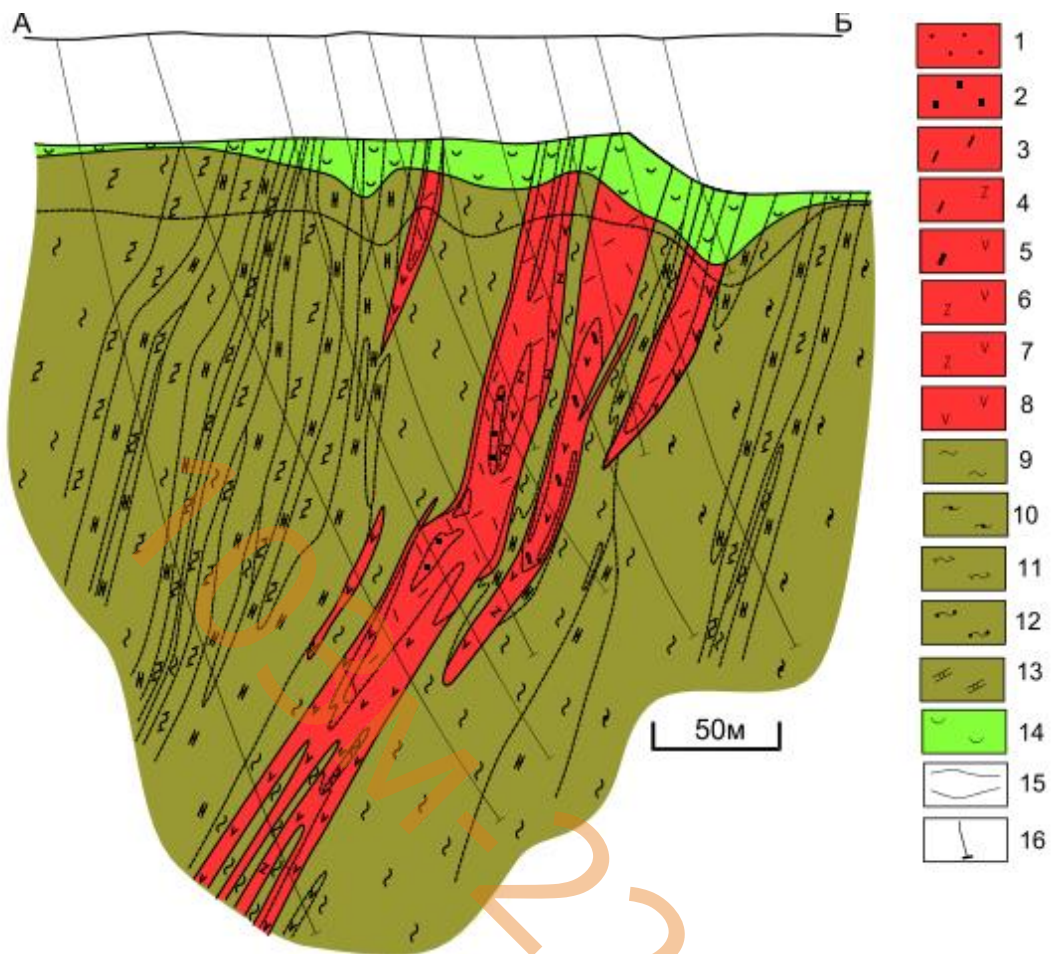


Рисунок 4.3 – Геологічний розріз Шевченківського родовища по лінії А–Б

Умовні позначення до рис.4.3: 1– 8 пегматити рідкіснометалеві; 1 – зона блокового кварцу; 2 – сподумен-петалітова зона; 3 – альбіт-сподуменова зона; 4 – альбіт-мікроклін-сподуменова зона; 5 – кварц-альбітова зона зі сподуменом; 6 – мікроклін-альбітова зона; 7 – кварц-альбітова зона; 9-12 – кристалічні сланці: 9 – біотитові; 10 – амфібол-біотитові; 11 – мусковіт-біотитові з кордієритом і силіманітом; 12 – гранат-біотитові з кордієритом і силіманітом; 12 – гранат-мусковіт-біотитові; 13 – кальцифіри скарновані; 14 – кора вивітрювання кристалічних порід; 15 – осадові породи чохла; 16 – бурові свердловини.

Пегматитові жили розташовані компактно, мають круте падіння, північне простягання, складну зональну будову. Дві останні зони поширені досить обмежено.

Літєва мінералізація приурочена тільки до трьох зон, які займають центральні частини жил: альбіт-сподуменової; мікроклін-сподуменової;

петаліт-сподуменової. Вони складають 50—60 %, місцями до 90 % об'єму пегматитів, характеризуються як рудні тіла і є єдиними носіями літію.

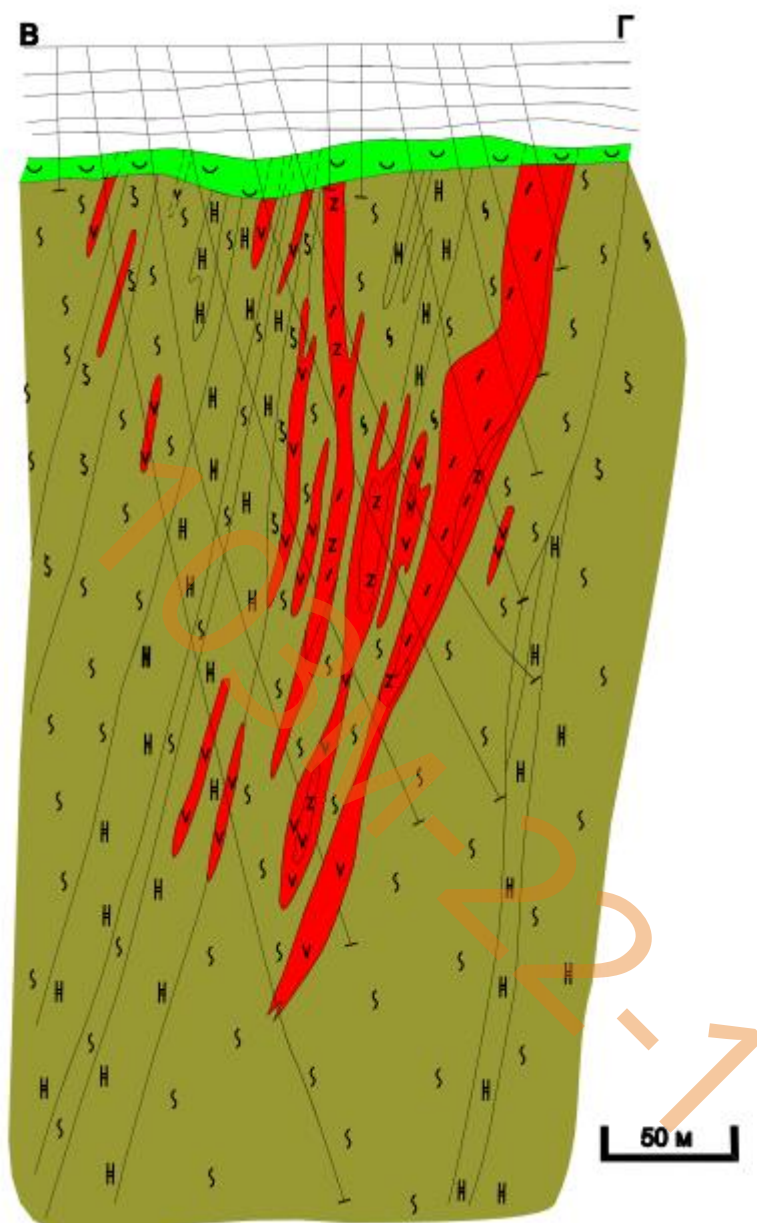


Рисунок 4.4 – Геологічний розріз Шевченківського родовища по лінії В–Г
Умовні позначення на рис.4.3

Сподуменовий різновид руд поширений у всіх рудоносних пегматитових тілах і в загальному балансі літєвих руд складає 90 %. Виявлені пегматитові жили розташовані компактно, мають круте падіння, північне простягання, складну зональну будову, з різкими коливаннями потужності.

Основні рудні мінерали сподумен і петаліт; супутні – літієві слюди і фосфати літію, мінерали ніобію, танталу та берилію, що присутні у вигляді акцесорних домішок.

Вміст оксиду літію – 0,3–4%. Літій є основним рудним компонентом пегматитів і пов'язаний з двома власними мінералами – сподуменом та рідше петалітом. Крім основного компоненту – літію, на родовищі відмічається накопичення інших рідкісних елементів. До них відносяться рубідій, цезій, тантал, ніобій, берилій, олово.

Породоутворюючі мінерали і польові шпати також є сировиною для керамічної та скляної промисловості.

Висновки до розділу.

Проаналізовано геологічну будову Шевченківського родовища літію. Встановлено, що воно складено комплексом магматичних, метаморфічних та ультраметаморфічних порід AR-Mz віку. В межах родовища виявлено шість крутопадаючих пегматитових тіл альбіт-сподуменового складу, які мають зональну будову та відрізняються наявністю літієвої мінералізації. Встановлено, що літієва мінералізація приурочена до трьох зон, які займають центральні частини жил: альбіт-сподуменової; мікроклін-сподуменової; петаліт-сподуменової. Шевченківське пегматитове родовище є комплексним, оскільки в ньому відмічається Rb, Cs, Ta, Nb, Be, а безрудні пегматити є керамічною сировиною.

5. РЕЧОВИННИЙ СКЛАД ШЕВЧЕНКІВСЬКОГО РОДОВИЩА

5.1 Мінеральний склад пегматитів

В результаті детального дослідження мінерального складу рідкіснометалевих пегматитів із різних структурно-мінералогічних зон родовища, автором особисто було вивчено 16 зразків пегматитів різного складу та 2 протолочні проби центральної частини кварцової жили 2.

Автором було встановлено, що в межах розглянутого пегматитового родовища переважають рудні пегматити альбіт-сподуменового та альбіт-петалітового типів, у складі яких встановлюються наступні мінеральних види:

- породоутворюючі мінерали (альбіт, мікроклін, кварц, мусковіт та ін.);
- мінерали власне рідкісних елементів: сподумен, петаліт, амблигоніт, трифілін, колумбіт-танталіт, та ін.);
- другорядні і акцесорні мінерали, які часто містять ізоморфні домішки рідкісних елементів: апатит, турмалін, рожевий мусковіт, ельбаїт, пірит, халькопірит, сфалерит та інші сульфідні, сфен, шпінель та ін.

Найбільш розповсюдженими серед мінералів є, відповідно, силікати (альбіт, олігоклаз, мікроклін, мусковіт; кварц), які становлять до 90% об'єму породи. Разом з ними, але в значно менших кількостях 5—20 %, становлять літієві мінерали (сподумен, значно рідше — петаліт).

Літієві 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. 5.1).

Альбіт-сподумен-петалітові пегматити Шевченківського родовища мають деякі мінералогічні особливості, не характерні для високодиференційованих рідкіснометалевих пегматитів класичного типу: повна відсутність типових мінералів рідкіснометалевих пегматитів (берилу, поліхромного турмаліну, лепідоліту) та незначна кількість фосфатів літію і тантало-ніобатів.

Хризоберил, силіманіт і Fe-кордієрит є звичайними акцесорними мінералами. Гранат (альмандин) та поширення асоціації мусковіт + силіманіт вказують на високий вміст алюмінію.

В усіх пегматитових зонах польові шпати представлені добре впорядкованими формами – мікрокліном і альбітом. На долю цих польових шпатів і кварцу припадає до 90 % пегматитового тіла.

Таблиця 5.1 - Головні мінерали рідкіснометалевих пегматитів пегматитових жил Шевченківського родовища літію

№ Проб партії	Інтервал випробування	Найменування породи	Результати мінералогічного аналізу, %								
			Польові шпати	Кварц	Сподумен	Петаліт	Мусковіт	рифлін	Колумбіт	Апатит	Мін.агрегат і зростки
9646	232.2 -233.0	Пегматит кварц-альбіт-сподуменовий	37,1	25,4	35,33	Зн.	1.71	зн.	зн.	зн.	0,43
9647	233.1 -233.7	Пегматит кварц-альбітовий	32,99	24,74	0,45	3,3	7.17	2.40	зн.	0,56	0,73
9648	233.9 -234.7	-	78,86	15,83	0,24	3,4	4.80	0.11	зн.	0,08	0,04
9649	234,8-235,6	-	98,46	1,0	0,14	8,3	зн.	0.28	зн.	0,05	0,004
9650	235,6 -236,2	-	98,85	1,0	0,13	5,1	зн.	зн.	зн.	зн.	зн.
9651	236,5-237,4	-	96,73	1,87	1,17	зн.	0.10	зн.	0.01		0,08
9652	237,4-237,9	Пегматит кварц-альбіт-сподуменовий	30,89	29,65	33,55	0.5	2.47	2.89	0.38	0.01	0,10
9653	237,9-238,5	Пегматит мікрокліновий	95,02	1,96	0,31	зн.	0.98	1.50	0.02	зн.	0,20
9654	238,5-240.0	Пегматит сподумен-альбітовий	71,56	7,90	17,42	6,2	2.14		0.84	0,09	0,01
9655	240,0-241,5	-	83,04	8,31	7,07	4,1	1.39	зн.	0.03	0,06	
9656	241,5-243,1	-	78,27	4,25	10,89	7,9	6.14	0.20	0.02	0,11	0,09
96 57	243,1-244,6	-	79,05	4,21	9,97	3,1	5.73	0.11	0.02	0,19	0,67

Безлітєві силікати. Альбіт (№ 7–11) зустрічається у представлений первинному та перевідкладеному типах та є найпоширенішим мінералом. Дуже часто він заміщується петалітом та сподуменом. Мікроклін у мікроклінових пегматитах формує закономірні проростання з кварцом. У двопольовошпатових гранітоїдах заміщення петалітом та сподуменом спостерігається лише в найбільш перетворених відмінах. Характерною

особливістю польових шпатів є високий уміст P_2O_5 , а саме в мікрокліні 0,5–3,77 ваг. %, в альбіті – 0,4 1,68 ваг. %. Нижчий вміст фосфору характерний сильно зміненим породам, де польові шпати піддавались перекристалізації, та вторинним перевідкладеним альбітам. *Альбіт* із мікропертитових скупчень іноді містить кальцій (N 0-7), а в асоціації зі сподуменом утворює чистий альбіт. Пертитова фаза зазвичай становить 17-20 %, що значно менше, ніж відомо для Li-польового шпату в RM- пегматитах (до 40 % Ab).

Кварц тяжіє до центральної частини пегматоїдних жил. Він піддається активному заміщенню петалітом. Характерною особливістю пегматитових жил є зменшена кількість кварцу в породах – до 20 %.

Мусковіт та силіманіт є вторинними мінералами. Силіманіт діагностується у найбільш петалізованих гранітоїдах у вигляді дрібних призм та голок. Мусковіт утворює дрібні луски, трапляється переважно в асоціації з сподуменом (рис. 5.1).



Рисунок 5.1 – Сподумен з мусковітом у пегматиті Шевченківського родовища

Основними літійвмісними мінералами у пегматитах Шевченківського родовища є *сподумен і петаліт*.

Сподумен є основним концентратором літію (рис.5.2) і разом з кварцом і альбітом складає кварц-альбіт-сподуменові зони в пегматитах. Він утворює великі кристали до 2-4 см в діаметрі і понад 10 см, орієнтовані здебільшого

паралельно один до одного і майже нормально до контакту зони. Колір білий, іноді з зеленуватим відтінком, рідше темний до чорного за рахунок вторинних змін. Спайність досконала по призмі, блиск шовковистий на окремих площинах перламутровий; питома вага 3,03, твердість 6-7. Вміст окису літію в сподумені становить від 6,31% до 7,88 %.



Рисунок 5.2 – Сподумен у пегматиті Шевченківського родовища літію

Встановлено три морфологічних типів сподумену. Найбільш ранній сподумен -I, який субграфічно зростається з кварцом, вважається домінуючим морфологічним типом сподумену (рис.5.3). Дослідники пегматитів (Ісаков Л.В., Бобров та ін.) пропонують назвати ці зрощення "псевдографічними", оскільки взаємна орієнтація кварцу і сподумену є винятковою - в межах одного кристала сподумену зустрічаються кварц кількох орієнтацій.

Найчастіше зустрічається "псевдографічна" форма сподумену. Наявність такого сподумену є унікальною особливістю цих пегматитів, але генезис цих псевдографічних сподумен-кварцових зростків детально не з'ясований. Фазове співвідношення змінюється в дуже широкому діапазоні (від 17 до 52 % кварцу та 40-80% сподумену), що не відповідає гіпотезі про евтектичний або топотаксичний механізм зрощення мінералів.



Рисунок 5.3 – Псевдографічні зрощення сподумену з кварцем у пегматитах Шевченківського родовища літію (скв. 705, инт 363.6 м)

Інший морфологічний тип сподумену - решітчастий або голчастий сподумен, широко розповсюджений в петалітах, меншою мірою в кварці та літій-польових шпатах, також характерний для літєвих пегматитів Шевченківського родовища. Він вважається більш пізнім (низькотемпературним).

Сподумен – $LiAl[Si_2O_6]$ у пегматитах визначається у вигляді двох генерацій (рис. 5.4). Сподумен першої генерації (сподумен-I), має обмежене поширення, локалізується в мікроклінових та альбіт-мікроклінових петрографічних різновидах (від 3 до 10 %), переважно в низах свердловин.

Сподумен даного типу дуже рідко трапляється в асоціаціях з петалітом, будь-яких реакційних співвідношень між ними не спостерігається. Власне зерна сподумену-I мають призматичну або округлу форми, розміром від 0,3 до 1,5 мм, з слабо жовтим забарвленням та слабким плеохроїзмом. По периферії сподумен-I обростає волокнистим сподуменом-II (рис.5.4).

Волокнистий сподумен другої генерації (сподумен-II) зустрічається практично у всіх типах пегматитів у різній кількості: від одиничних зерен до 5–20 %. Найбільша його кількість фіксується в приконтаткових безкварцових альбітових гранітоїдах та петалітових рудах.



Рисунок 5.4 – Зображення сподумену: два типи сподумену Spd-1 - призматичні зерна першого морфологічного типу та Spd-2 волокнисті виділення другого морфологічного типу

У вигляді лінзовидних, черв'якоподібних фібробластових скупчень та протяжних тонких смужок (до 0,5 мм) приурочений до міжзернових границь, як наслідок заміщення польових шпатів та петаліту (рис.5.5). У ділянках свого найбільшого розвитку сподумен піддається рекристалізації і набуває призматичної форми з нерівними обмеженнями.

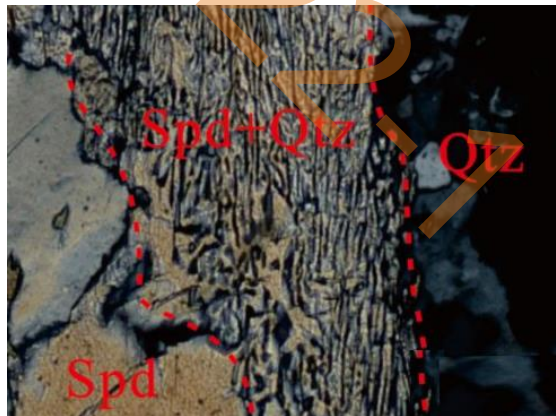


Рисунок 5.5 – Зображення сподумену: призматичні зерна сподумену Spd-II у кварц-альбітовому пегматиті. Збільшення 45^x. Ніколі +

Його вміст у різних ділянках пегматитових тіл теж коливається у широких межах — від часток до 4—6, подекуди до 20 %. Загалом його кількість досягає рівня головного породоутворювального мінералу лише в деяких тілах. Вміст Li_2O в сподумені становить 6,70—7,14 %.

Петаліт поширений менше та також є звичайним мінералом для Шевченківського родовища. Він утворює передостанню зону в альбіт-сподуменових жилах.

Петаліт – $LiAl [Si_4O_{10}]$ мінерал-концентратор літію, найбільш поширений в альбітових, у меншій мірі мікроклін-альбітових та мікроклінових пегматитах (рис. 5.6). В останніх рідко перевищує перші відсотки.

Утворюється петаліт у результаті поступового заміщення альбіту та кварцу (рис.5.7). Початковий процес заміщення проявляється появою численних округлих або черв'якоподібних виділень в кварці або в альбіті. В альбіт-петалітових гранітах петаліт формує тонкі облямівки навколо альбіту та кварцу, семплектитові проростання з ними, а також дрібні плямисті або лінзовидні скупчення. Його хімічний склад досить сталий — вміст Li_2O коливається в межах 4,10—4,25 %. Розподілений він у пегматитах дуже нерівномірно, від 1,5-5 % до 20—25 % у збагачених ділянках.



Рисунок 5.6 – Петаліт рожевого кольору у петаліт-сподуменовому пегматиті Шевченківського родовища літію (скв. 769, инт. 239 м)

Власне петалітові руди мають світле рожево-сіре забарвлення, матовий блиск, дрібнозернисту структуру. Між зернами петаліту інколи спостерігаються окремі релікти альбіту, кварцу та мікрокліну.

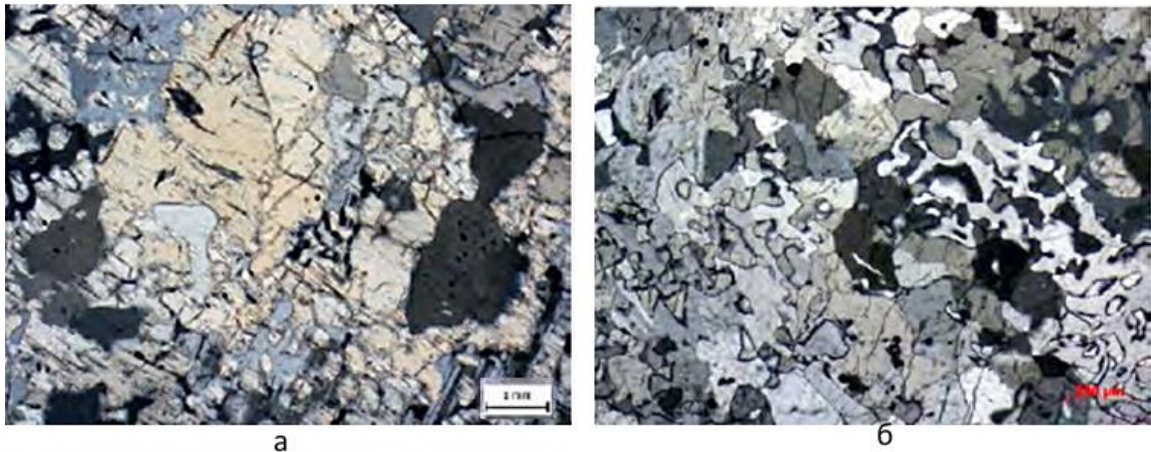


Рисунок 5.7 – Петаліт у шліфі: а – блочний петаліт; б – симплектитові проростання петаліту з альбітом

В альбіт-мікроклінових та мікроклінових гранітоїдах мікроклін не піддається петалітизації, тому в значних кількостях петаліт у них не трапляється. Близьче до периферії рудних тіл петаліт у безкварцових альбітових породах зникає, замість нього утворюється сподумен II генерації. Часто спостерігається заміщення петаліту дрібноволокнистим сподуменом-II. За хімічним складом петаліт однорідний. Вміст домішкових елементів на рівні межі чутливості приладу.

Трифіліт слабо поширений в альбітових і альбітит-сподуменових пегматитах Приазов'я, зустрічається в кварц-альбіт-сподуменовій зоні, де утворює скупчення (до 7,01 %), і в зоні блокового мікрокліну (до 4 %). Вміст Li_2O становить 6,02—8,54 %. У Шевченківському родовищі трифіліт як рідкісний мінерал діагностований лише в поляризаційному мікроскопі.

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

Також в протолочних пробах пегматитів були встановлені непоширений для цього родовища мінерал: залістий кордієрит у кварці з кварц-альбіт-мікроклінових пегматитів. Оскільки в навколишніх породах широко розвинутий ромбічний кордієрит - звичайний магнезіальний мінерал, то залістий кордієрит можна розглядати як специфічний мінерал

метасоматичних пегматитів. Можливо, що асиміляція навколишніх сланців сприяла утворенню такого кордієриту. Слід зазначити, що у залістистому кордієриті виявленовисокий вміст BeO (до 1 %).

Ще один екзотичний мінерал - гексагональна шпінель ($(\text{Fe}, \text{Zn}, \text{Sn})_2(\text{Al}_4\text{O}_8)^*$). Цинкова шпінель (ганіт) також зустрічається в пегматитах у вигляді дрібних блакитних кристалів, що теж не зовсім зрозуміло з погляду геохімічного процесу. Можливо, вирішальну роль у процесі утворення гексагональної шпінелі належала елементам (Ti, Fe) із зовнішніх порід або ксенолітів.

Таким чином, в результаті проведенного дослідження було встановлено, що для мінералів літію (сподуменц і петаліту) характерне нерівномірне розподілення, часом вони утворюють гніздоподібні скупчення у пегматитах та займають від 20 до 60 % об'єму пегматитового тіла, формуючи неправильні рудні штоки, пережими та роздуви.

5.2 Петрографічна характеристика пегматитів

Детальне макро- та мікроскопічне вивчення 16 зразків пегматитів, 18 шліфів Шевченківського родовища та 34 шліфів шліфотеки кафедри дозволило авторові роботи встановити визначити чотири найпоширеніші петрографічні різновиди пегматитів з Шевченківського родовища. За петрографічним складом вони є мікроклін-кварц-альбітовими, кварц-альбітовими, кварц-альбіт-сподуменовими та кварц-сподуменовими пегматитами.

Мікроклін-кварц-альбітові пегматити складають більше 90 % площі пегматитових жил, які загалом мають зональну внутрішню будову. Вони переважають у всіх рудоносних пегматитових тілах і мають найширше розповсюдження.

Мікроклін-кварц-альбітові пегматити світло-рожевого кольору (рис.5.8) зазвичай зустрічаються серед альбітової та мікроклін-альбітової зон пегматитового поля. Для них характерні лінзо- та жилоподібні тіла, які простягаються на сотні метрів, а їх потужність складає 5-50 м. У будові цих

жил спостерігаються різні за складом зони класичного характеру: від нерівномірнозернистої альбітової, до графічної, блокової мікроклінової, рудної, мусковітової, блокової кварцової. Особливістю цих пегматитів є простий мінеральний склад.



Рисунок 5.8 – Світло-рожевий мікроклін-кварц-альбітовий пегматит (зразок ШП-6, Шевченківське родовище, Західне Приазов'я)

Найпоширенішими текстурами є плямиста, блокова, апографічна, графічна. Структури пегматитові, гранітові, гігантокристалічні. Мінеральний склад типовий: плагіоклаз-альбіт – 30-50%; кварц -15-20%; мікроклін -20-30%, мусковіт -5-10%. Серед рудних мінералів найчастіше присутні сродумен - 10-15% , шерл -2-5% , берил 2% , танталіт-колумбіт –1% .

Кварц (рис. 5.9) представлений у вигляді подовжених або округлих зерен, інколи неправильної плямистої форми розміром від 0,5 до 10 мм. Оптичні константи відповідають табличних даних: показник заломлення 1,54, двозаломлення - 0,009, подовження позитивнее, згасання часто хвилясте.

Мікроклін представлений неправильно-таблитчастими зернами розміром від 3 мм до 20 мм, частіше спостерігається у вигляді мікроклін-альбітових агрегатів до 10 - 20 мм. Мінерал прозорий, безбарвний. Показник заломлення <1.52. Інтерференційне забарвлення не вище світло-сірого кольору першого порядку - 0,007. Згасання загратоване.

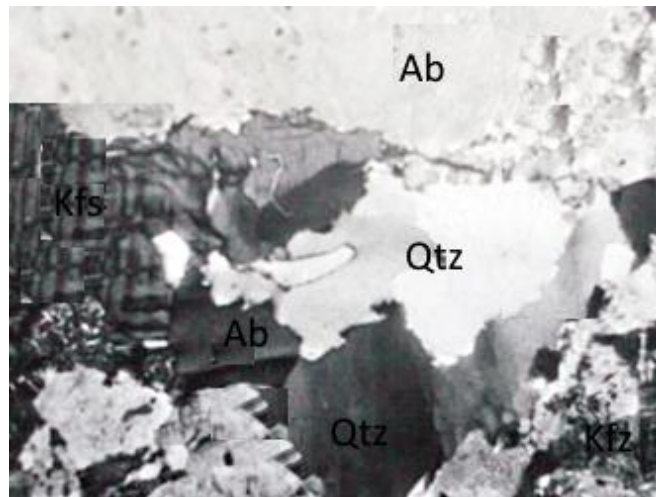


Рисунок 5.9 – Кварц-мікроклін-альбітовий пегматит.
Шліф ШП-4: Ab – плагіоклаз-альбіт, Qtz – кварц, Kfs – мікроклін.
Збільшення 45^x, ніколи +.

Альбіт (№7-9) спостерігається у вигляді ідіоморфних таблитчастих кристалів лон розміром від 0,3 до 1 мм, іноді формує кристали до 10 мм. У кристалах повсюдно спостерігається полісинтетичне двійникування. Показник заломлення альбіту 1,524, величина двозаломлення - 0,006. Максимальний кут згасання $N_p: (010) = +10$, що відповідає альбіту 10. Згасання полісинтетичне, подовження негативне. Пертити представлені дрібними (0,01 мм) неправильними, ізометричними, інколи таблитчастими виділеннями альбіту у мікрокліні. Оптичні константи відповідають табличним даним: показник заломлення 1,52, двозаломлення - 0,007. Згасання полісинтетичне, подовження негативне.

Кварц-альбітові пегматити (рис.5.10) мають світло-сіре забарвлення та зустрічаються серед альбітової зони пегматитового поля у вигляді незначних за розміром та потужністю жил (до 15 м), у будові яких спостерігаються роздуви та пережими. Особливість цих пегматитів – контрастність у морфології та складі, тобто вони бувають різними за структурно-текстурними особливостями та мінеральним складом.

Найпоширенішими текстурами є плямиста, блокова, апографічна, графічна. Структури пегматитові, гранітові, гігантокристалічні. Мінеральний

склад типовий: плагіоклаз-альбіт - 70%; кварц -28%; мікроклін -2%. Рудна мінералізація

В якості другорядних мінералів присутні мусковіт, каситерит та інші. Петрографічний опис різновидів пегматитів наведено нище.



Рисунок 5.10 – Світло-сірий кварц-альбітовий пегматит пегматит зі сподуменом і мусковітом (зразок ШП-22, Шевченківське родовище, Західне Приазов'я)

Плагіоклаз (рис.5.11). спостерігається у вигляді правильних кристалів альбіту розміром від 3 до 30 мм табличчастої форми. Оптичні константи відповідають табличним даним: показник заломлення 1,53, величина двозаломлення - 0,007. Згасання полісинтетичне, спостерігаються тонкі вузькі незмінні двійники, подовження негативне. Рідше спостерігаються структури роз'їдання, взаємопророщення кварцу і плагіоклазу, що може свідчити про більш пізню природу альбіту.

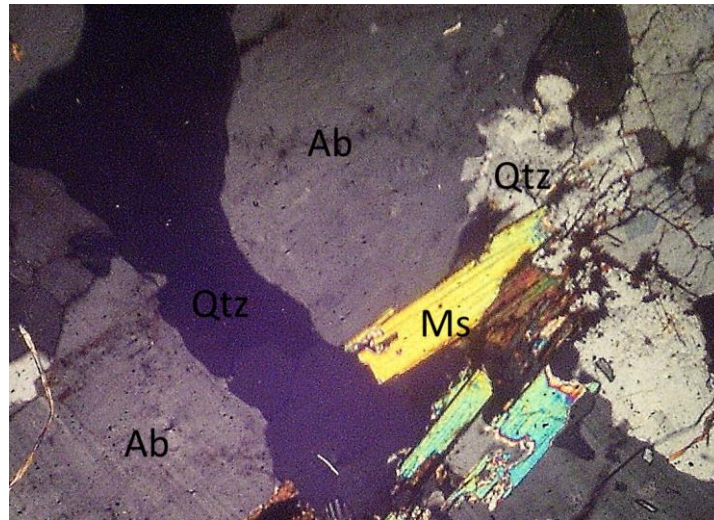


Рисунок 5.11 – Шліф ШП-22- кварц- альбітовий пегматит: Ab – альбіт, Ms - мусковіт, Qtz – кварц. Збільшення 45^x, ніколи +

Кварц представлений у вигляді подовжених або округлих зерен (інколи іхтіогліптів) розміром від 0,5 до 15 мм, які відрізняються неоднорідним «хвилястим» згасання і різним орієнтуванням у мікрокліні, тобто спостерігається кілька різних систем («зграй») згасаючих іхтіогліптів. Оптичні константи відповідають табличним даним: показник заломлення 1,54, двозаломлення - 0,009, подовження позитивне.

Мікроклін представлений одиничними неправильно-таблитчастими кристалами розміром від 0,3 мм до 5 мм, частіше спостерігається у вигляді зерен мікроклін-пертиту до 5 - 10 мм. Мінерал прозорий, безбарвний. Показник заломлення <1.52. Інтерференційна забарвлення не вище світло-сірої першого порядку - 0,007. Згасання заготоване.

Мусковіт у вигляді тонких лускуватих кристалів розміром від 0, 2 до 15 мм у пегматитах зазвичай білого кольору, інколи з рожевим відтінком та має значне поширення. Спайність вельми досконала в одному напрямку. Оптичні константи відповідають табличним даним: показники заломлення $N_p = 1,60$, $N_g = 1,65$. Величина двозаломлення 0,052 (яскраві кольори інтерференції, першого порядку). Згасання пряме. Подовження +.

Кварц-альбіт-сподуменові пегматити (рис.5.12) сірого кольору зустрічаються разом з кварц-альбітовими пегматитами і дуже поширені у

рідкіснометалевих пегматитових вузлах у вигляді пологозалегаючих жил складної зональної будови. Їх потужність и від 5 до 30 м, а протяжність досягає 1 000 м. Для цих пегматитів характерна наявність у центральних частинах жил кварц-сподуменових зон, які займають більшу половину об'єму пегматитової жили. Ці пегматити є найбільшими родовищами літію.

Найпоширенішими текстурами є плямиста, масивна, блокова. Структури пегматитові, гранітові, гігантокристалічні. Породоутворювальні мінерали пегматиту: плагіоклаз-альбіт - 40%; кварц -10-25%; сподумен -25%, мікроклін -1-2 %, рудні мінерали – 1-2%.



Рисунок 5.12 – Сирій кварц-альбіт-сподуменовий пегматит з призматичними кристалами сподумену (зразок ШП-9, Шевченківське родовище, Західне Приазов'я)

Плагіоклаз (рис.5.13) спостерігається у вигляді правильних кристалів альбіту (№7-11) розміром від 3 до 30 мм табличчастої форми. Оптичні константи відповідають табличним даним: показник заломлення 1,53, величина двозаломлення - 0,007. Згасання полісинтетичне, спостерігаються тонкі вузькі незмінні двійники, подовження негативне. Рідше спостерігаються структури роз'їдання, взаємопророщення кварцу і плагіоклазу, що може свідчити про більш пізню природу альбіту.

Кварц представлений у вигляді подовжених або округлих зерен, інколи неправильної плямистої форми розміром від 0,5 до 10 мм. Оптичні константи

відповідають табличних даних: показник заломлення 1,54, двозаломлення - 0,009, подовження позитивнее, згасання часто хвилясте.

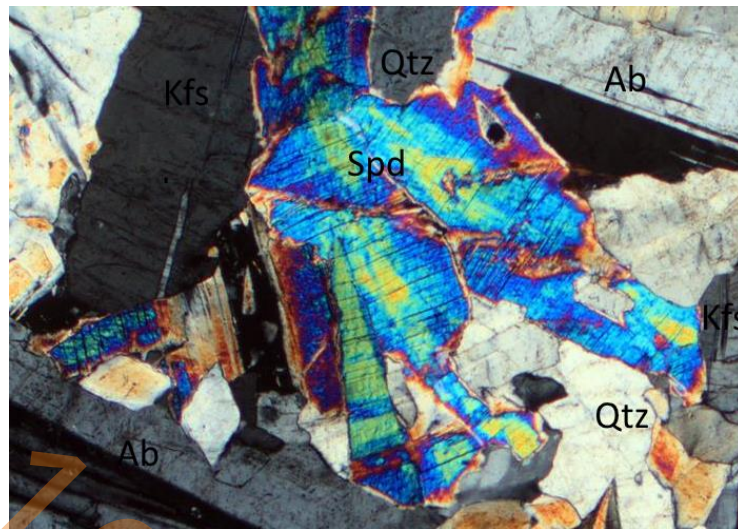


Рисунок 5.13 – Пегматит квац-альбітовий зі сподуменом.
Шліф ПШ-9: – Ab – плагіоклаз-альбіт, Ms - мусковіт, Qtz – кварц, Spd – сподумен. Збільшення 45^x, ніколі +

Сподумен у цих пегматитах утворює кристали призматичного габітусу, розміром від 1 до 20 см і більше. Мінерал сітло-сірого кольору, слабо плеохрорує. Оптичні константи відповідають табличним даним: показник заломлення 1,649-1,679, величина двозаломлення - 0,007, низькі сфо-білі кольори інтерференції першого порядку. Спостерігаються спостерігаються тонкі вузькі незмінені двійники, подовження позитивнее. Рідше спостерігаються структури роз'їдання, взаємопророщення з кварцем або альбітом. Згасання косе під кутом 54–60°.

Мікроклін представлений одиничними неправильно-таблицчастими кристалами розміром від 3 мм до 5 мм, частіше спостерігається у вигляді зерен мікроклін-пертиту до 10 - 20 мм. Мінерал прозорий, безбарвний. Показник заломлення <1.52. Інтерференційна забарвлення не вище світло-сірої першого порядку - 0,007. Згасання загратоване.

Мусковіт у вигляді тонких лускуватих кристалів розміром від 0,1 до 1 мм у цих пегматитах зазвичай білого кольору поширений як акцесорний вторинний мінерал. Спайність вельми досконала в одному напрямку. Оптичні константи відповідають табличним даним: показники заломлення $n_r = 1,60$, $n_g = 1,65$. Величина двозаломлення 0,052 (яскраві кольори інтерференції, першого порядку). Згасання пряме. Подовження +.

Кварц-сподуменові пегматити (рис.5.14) є лейкократовими породами з неоднорідною структурою, що закономірно змінюється від дрібнозернистої в крайовій зоні до пегматоїдної та блокової в центральній. Характерною особливістю цих порід є графічна текстура, яка обумовлена псевдографічним зрощенням кварцу і сподумену.



Рисунок 5.14 – Кварц-сподуменовий пегматит (зразок ШП-19, Шевченківське родовище, Західне Приазов'я): зрощення кварцу з кристалами сподумену

Породоутворювальні мінерали кварц-сподуменовий пегматитів: кварц (30-55 %), альбіт (10-15%), сподумен (10-28%) і мусковіт (1-2%). Найпоширеніші другорядні та акцесорні мінерали: турмалін, гранат, шпінель, кордієрит, сфалерит і пірит.

Кварц представлений у вигляді подовжених або округлих зерен, інколи неправильної плямистої форми розміром від 0,5 до 10 мм. Оптичні константи відповідають табличних даних: показник заломлення 1,54, двозаломлення - 0,009, подовження позитивнее, згасання часто хвилясте.

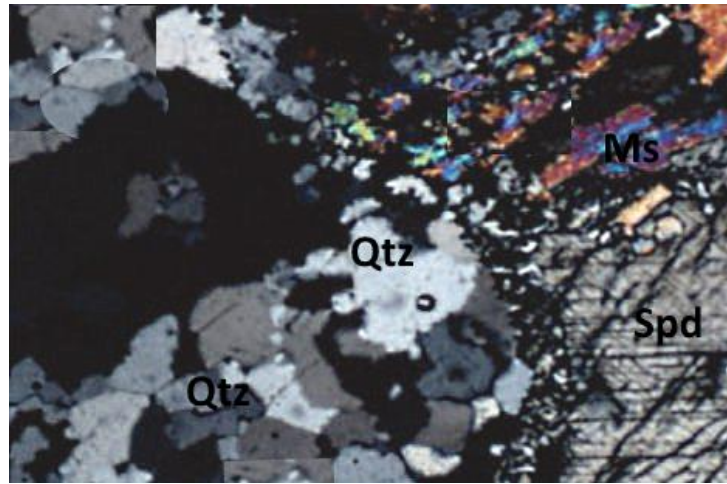


Рисунок 5.15 – Пегматит кварц-сподуменовий. Шліф ПШ-19: Qtz – кварц Spd – сподумен, Ms – мусковіт. Збільшення 45^x, ніколи +

Сподумен у цих пегматитах зустрічається у двох генераціях: 1) утворює кристали призматичного габітусу, розміром від 1 до 20 см і більше, 2) розвинений у голчастому вигляді. Мінерал сітло-сірого кольору, слабо плеохрорує. Оптичні константи відповідають табличним даним: показник заломлення 1,649-1,679, величина двозаломлення - 0,007, низькі сфо-білі кольори інтерференції першого порядку. Спостерігаються спостерігаються тонкі вузькі незмінені двійники, подовження позитивнее. Рідше спостерігаються структури роз'їдання, взаємопророщення з кварцем або альбітом. Загасання косе під кутом 54–60°.

Мусковіт у вигляді тонких лускуватих кристалів розміром від 0,1 до 5 мм у цих пегматитах зазвичай білого кольору поширений як акцесорний або вторинний мінерал. Спайність вельми досконала в одному напрямку. Оптичні константи відповідають табличним даним: показники заломлення $N_r = 1,60$, $N_g = 1,65$. Величина двозаломлення 0,052 (яскраві кольори інтерференції, першого порядку). Згасання пряме. Подовження +.

Інколи, в зонах вторинної метасоматичної перекристалізації, сподуменові пегматити перетворені на кварц-петалітові (рис.4.16), де збереглися первинні структури а речовинний склад (кількісний хімічний склад постійний – сподумен перекристалізувався у петаліт)

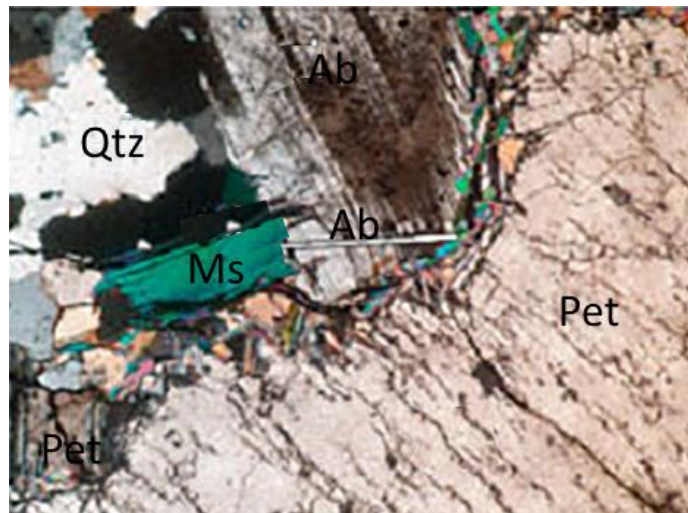


Рисунок 5.16 – Пегматит кварц-петалітовий Шліф ПШ-17: pet – петаліт, qtz – кварц, ms – мусковіт, pl- плагіоклаз- альбіт. Збільшення 45^x, ніколі +

5. 3 Геохімічна характеристика пегматитів

Пегматити досліджуваного родовища належать до групи високоглиноземистих утворень з літєвою мінералізацією. Промислове значення в цій групі пегматитів мають літій, можливо ніобій, тантал, берилій, олово.

Ділянки скупчення жил рідкіснометалевих пегматитів родовища супроводжуються аномальними ореолами розсіювання мікроелементів, які сформували Шевченківську геохімічну аномалію, яка успадковує простягання серії сближених рудних пегматитових тіл [6]. Для неї характерна наявність ореолу літію з супутніми ореолами Be, La, Ce, Sn, Sr, W, Yb загальною шириною 50-400 м. Іноді в зонах екзоконтактів жил відзначається високий вміст цезію, який при масштабному розвитку ослюденіння може мати практичне значення.

Супутні компоненти (тантал, ніобій, берилій, олово) в рудах мають надзвичайно низький вміст, що унеможлиблює їх вилучення в процесі збагачення. Середній вміст оксидів рідкіснометалевих оксидів родовища становить (у %): Li₂O -1,22; Ta₂O₅ - 0,003; Nb₂O₃ - 0,008; Rb₂O - 0,073; BeO - 0,032.

Склад пегматитових тіл та ореолових зон навколо них залежить від хімічного і мінерального складу порід, які вміщують пегматити, вони так само може суттєво впливати на склад пегматитових жил (табл. 5.2).

Таблиця 5.2 – Хімічний склад рідкіснометалевих пегматитів Шевченківського родовища, ваг.% (фондові матеріали)

№	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	100,0
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	0,086	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	0,75	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	0,45	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	74,6	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	1,31	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	72,5	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

Для всіх кристалічних порід з пегматитами та для їх кори вивітрювання встановлено підвищений вміст Li: в зонах контактів з рудними тілами Li = 50-70 · 10⁻³%, на віддаленнях від пегматитів Li = 50-70 · 10⁻³%, де ширина зони прояву складає 5-10 м. Це зумовлено чергуванням окремих порід з різним вмістом літію.

В осадових породах та корах вивітрювання простеженні вторинні ореоли літію та супутніх елементів, де вони не зважаючи на низькі показники $Li = 3-5 \cdot 10^{-3}\%$ є пошуковими.

В межах Шевченківського пегматитового родовища у слюдистих породах наявні невеликі ореоли літію, немає пегматитів з рідкісноземельними мінералами, а рудні пегматити мають зональну будову, де сподуменова мінералізація поширена у внутрішніх зонах пегматитових тіл.

У всіх пегматитових жилах встановлено зростання вмісту літію від зовнішніх зон до внутрішніх, де середній вміст Li є відносно постійним і складає 0,9-2,0 %, незалежно від мінеральних фаз, які він складає (табл.5.3, 5.4).

Таблиця 5.3 – Хімічний склад сподумену та петаліту з рідкіснометалевих пегматитів Шевченківського родовища (фондові матеріали)

Компонент	Сподумен		Петаліт	
	Середній вміст	Псевдоморфози по сподумену пр. 95/234,5	Скв. 27593, Інт. 297м.	Скв. 2794, Інт. 159м
SiO ₂	63.48	52.83	76.8	77.12
TiO ₂	0.02	0.03	0.004	0.004
Al ₂ O ₃	27.02	22.75	17.41	17.04
Fe ₂ O ₃	0.72	1.29	0.08	0.058
MnO	0.12	0.08	сл.	сл.
MgO	0.15	2.37	0.04	0.1
CaO	0.25	6.44	0.55	0.85
Na ₂ O	0.28	0.11	0.21	0.35
K ₂ O	0.07	7.69	0.09	0.11
Li ₂ O	7.36	0.11	4.5	4.37
Rb ₂ O	0.0055	0.15	сл.	сл.
Cs ₂ O	0.001	0.004	0.003	0.003
P ₂ O ₅	0.025	0.05	сл.	0.03
SO ₃	0.07	0.1	0.01	0.01
CO ₂	0.16	2.48	0.2	0.31
H ₂ O ⁺	0.29	3.69	0.36	0.25
H ₂ O ⁻	0.1	0.36	0.04	0.05
Сума	63.48	52.83	100.29	100.65

Найвищі концентрації літію пов'язані із кварц-сподуменовою і кварц-альбіт-сподуменовою зонами, де його середній вміст відповідно становить 0,660 і 0,498 %, досягаючи в окремих перетинах жил 1,96 і навіть 4,73 % .

Рубідій поширений в пегматитах приблизно однаково у всіх мінеральних комплексах, де він накопичується у мікрокліні та слюдах і його вміст змінюється від 0,05 до 0,2 %.

Цезій власних мінералів не утворює, його концентрації дуже низькі, не перевищують 0,01 % та пов'язані лише з концентрацією у слюдах.

Ніобій і тантал виявлені в невеликих кількостях, їх носіями є колумбіт і танталіт, які в пегматитах родовища є акцесорними мінералами. Вміст Ta в літієносних зонах складає 0,003 %, а Nb - 0,02 %. Треба зазначити, що ці елементи не мають поширеного розповсюдження в кварц-альбітових та перекристалізованих пегматитах та не мають чіткої прив'язки до певних пегматитових зон.

Таблиця 5.4 – Мінеральний склад і вміст рідкісних та лужних елементів у мінеральних комплексах сподуменових пегматитів Шевченківського вузла [6]

Мінеральні комплекси	Вміст елементів, %					
	Li ₂ O	Rb ₂ O	Cs ₂ O	Ta ₂ O ₅	Nb ₂ O ₃	BeO
Блокового мікрокліну	0.035-0.01	0.02-0.09	0.003	0.000-0.003	0.003-0.01	0.015-0.025
Кварц-сподуменовий	0.4-1.45	0.037-0.076	0.001-0.003	0.000-0.002	0.004-0.01	0.019-0.052
Кварц-альбіт-сподуменовий мікроклінвмісний	0.3-3.0	0.044-0.106	0.0012-0.0026	0.000-0.003	0.004-0.015	0.02-0.056
Кварц-мікроклін-сподуменовий	0.9-1.52	0.047-0.128	0.0015-0.002	0.001-0.003	0.003-0.01	0.03-0.072
Кварц-альбіт-петаліт-сподуменовий	0.3-2.11	0.032-0.084	0.0014-0.004	0.001-0.004	0.004-0.027	0.039-0.097
Кварц-альбітовий-мікроклін-сподуменвмісний	0.036-0.41	0.045-0.112	0.001-0.004	0.001-0.0047	0.004-0.012	0.025-0.067
Кварц-мікрокліновий	0.023-0.05	0.054-0.093	0.001-0.0027	0.000-0.003	0.003-0.013	0.0013-0.052
Кварц-альбітовий різнозернистий	0.012-0.24	0.057-0.136	0.0222-0.074	0.001-0.007	0.004-0.01	0.009-0.037
Кварц-мікроклін-альбітовий	0.018-0.1	0.05-0.114	0.0012-0.0029	0.000-0.003	0.005-0.015	0.019-0.067
Кварц-альбітовий дрібнозернистий	0.005-0.25	0.027-0.12	0.002-0.01	0.001-0.004	0.006-0.01	0.0083-0.05

Берилій рівномірно розподіляється серед усіх мінеральних комплексів в межах 0,013 до 0,070 %, середній вміст становить 0,032%. Основним мінералом-концентратором берилію є хризоберил, берил у його розподілі має невелике значення. Кореляційний зв'язок з літієм не встановлюється, а зони контактів характеризуються позитивним кореляційним зв'язком з оловом.

Олово наявне у незначних кількостях (0,0003-0,0006 %) і дещо зростає на контактах з кристалічними сланцями та в зонах кварц-мікроклін-альбітового складу. Концентратором олова в пегматитах є каситерит як акцесорний мінерал, вміст якого в поодиноких пробах становить від 5 до 30 г/т.

Концентрації петрогенних елементів **кремнезему** зменшується від більш ранніх до більш пізніх структурно-мінералогічних зон, хоча різко зростає на завершальній стадії утворення кварцевих жил.

Глинозем закономірно накопичується і досягає максимальних значень у власне альбітових і блокових мікроклінових зонах.

Геохімія **калію** та **натрію** в пегматитах родовища залежить від їх мінерального складу - мікрокліну та альбіту, і була визначальною під час формування пегматитів. А вже з поведінкою натрію і калію у процесі формування пегматитів нерозривно пов'язані накопичення та активність таких елементів, як літій, рубідій, цезій, берилій, тантал, ніобій і ін., які зазвичай тяжіють до зон з підвищеним вмістом натрію.

У розрізі і на поверхні первинні моноелементні і мультиплікативні ореоли, пов'язані з пологими жилами пегматитів, проявляються смугами, які припадають, в основному, на найбільші тектонічні тріщини, які січуть пегматити.

Важливою ознакою є те, що в латеральному ряді від кварц-альбітових до альбіт-сподуменових пегматитів відбуваються наступні мінеральні та геохімічні зміни: різко збільшується вміст альбіту й літієвих мінералів (сподумену і петаліту), зникає біотит; із акцесорних мінералів зникають сфен, монацит, шерл; з'являються апатит, флюорит, рідкіснометалеві мінерали; знижується Na/K.

Висновки до розділу.

Проаналізовано речовинний склад пегматитів, встановлено що пегматити Шевченківського родовища відрізняються простим мінеральним складом, де мінерали літію представлені сподуменом трьох генерацій та петалітом, а породоутворювальні мінерали - альбітом, кварцом, мікрокліном та мусковітом. Другорядні та акцесорні мінерали, які часто містять ізоморфні домішки рідкісних елементів (апатит, турмалін, рожевий мусковіт, ельбаїт, пірит, халькопірит, сфалерит та інші сульфідні, сфен, шпінель, магнетит та ін.) зустрічаються рідко і в незначній кількості. Визначено три головні петрографічні різновиди пегматитів Шевченківського родовища (кварц-альбітові пегматити, кварц-мікроклін-альбітові пегматити та кварц-альбіт-сподуменові пегматити), петалітові пегматити є слабкорозвинутими. Проаналізовано геохімічні особливості пегматитів, встановлено, що геохімічні аномалії родовища обумовлені мінеральним складом елементів-індикаторів рідкіснометалевого зруднення, а саме сподуменом та мікрокліном.

6 ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ МІНЕРАЛЬНО-СИРОВИННИХ РЕСУРСІВ ШЕВЧЕНКІВСЬКОГО РОДОВИЩА

За останні роки літій став одним з найбільш затребуваних елементів у світі. Це дуже важливий вид сировини для інноваційної економіки країни, оскільки його використання у світі постійно росте разом з розвитком сучасних напрямків промисловості [21, 22]. Внаслідок появи нових технологій на основі літію, попит на нього збільшується в геометричній прогресії та спричиняє стрімкий ріст цін (1990-х роках літій стартував з 1,5 тис дол. за тону, а у 2017 році сягнув 20 тис. дол. за тонну).

Ціни на карбонат літію стрімко ростуть: з 13 тис. дол. за 1 т у червні 2021 г. до 75 тис. дол. у квітні 2022 г. [23].

Це викликає певний ажіотаж і дефіцит на світовому ринку – за даними Benchmark Mineral Intelligence [24] запаси карбонату літію у виробників акумуляторів знаходяться на низькому або нульовому рівні.

Внаслідок високої потреби літію для виробництва акумуляторів для електромобілів, сучасні темпи його добування недостатні. За оцінкою Global Data до 2024 р. попит на нього збільшиться у 2,5 рази, а прогнози Міжнародного енергетичного агенства говорять про те, що затребуваність літію на світовому ринку до 2050 р. зросте у 40 разів [25].

Найбільші добуваючі компанії приступили до масштабних пошуків нових родовищ та посилили увагу до розроблення нових технологій вилучення літію.

Насьогодні світовий ринок літію, на жаль, продовжує розвиватися без участі України. За даними Геологічної служби США, за останній час ресурси літію у світі значно збільшились і складають близько 86 млн. т. При цьому, найбільші запаси родовищ зосереджені в Болівії — 21 млн т (24.4%), Аргентині — 19.3 млн т (22.4%), Чілі — 9.6 млн т (11.2%), США — 7.9 млн т (9.2%), Австралії — 6.4 млн т (7.4%) та в Китаї — 5.1 млн т (5.9%). Серед європейських стран найбільші ресурси в Німеччині — 2.7 млн т (3%), Чехії —

1.3 млн т (1.5%), Сербії — 1.2 млн т (1.4%), Іспанії — 0.3 млн т (0.35%), Португалії — 0.27 млн т (0.31%).

Основні видобувальники літію виглядають дещо по іншому: досі близько 60% видобутку літію приходиться на Австралію, 19% — на Чілі, 9% — на Китай и 7% — на Аргентину.

Таким чином, розвиток літєвої промисловості сьогодні потребує нарощування видобутку цього виду стратегічної сировини як у світі, так і в Україні, оскільки розвиток власної мінерально-сировинної бази літію перетворить Україну з імпортера в експортера літєвої продукції.

Відповідно до Стратегії зовнішньополітичної діяльності України затвердженої Указом Президента України від 26 серпня 2021 року № 448/2021 в основі зовнішньополітичної діяльності України – стратегічний курс держави на набуття повноправного членства України в Європейському Союзі (ЄС) та в Організації Північноатлантичного договору (НАТО), закріплений у Конституції України. У рамках секторального співробітництва з ЄС однією з цілей є інтенсифікація двостороннього співробітництва у галузі критичної сировини та акумуляторів з метою започаткування стратегічного партнерства. Тому критична мінеральна сировина в даній роботі це та що визначена ЄС.

Сурма	Гафній	Фосфор
Барит	Важкі рідкісноземельні елементи	Скандій
Берилій	Легкі рідкісноземельні елементи	Кремній металевий
Вісмут	Індій	Тантал
Бор	Магній	Вольфрам
Кобальт	Природний графіт	Ванадій
Коксівне вугілля	Натуральна гума	Боксити
Плавиківий шпат	Ніобій	Літій
Галій	Метали платинової групи	Титан
Германій	Фосфорит	Стронцій

Рисунок 6.1 – Критична для ЄС мінеральна сировина 2020 р. [26]

Примітки:

- червоним підписані – нові, у порівнянні з 2017 р., критичні для ЄС;
- жирним курсивом наведені - ті що не увійшли до переліку корисних копалин, які мають стратегічне значення для сталого розвитку економіки та обороноздатності держави

за рішенням РНБО від 16 липня 2021 року Указ, затвердженого указом Президента №306/2021;

- блакитним – сировина, із запасами затвердженими у різні роки, яка наразі видобувається у значних обсягах;
- жовтим – сировина, з запасами затвердженими у різні роки, яка наразі не видобувається;
- зеленим – сировина, з запасами затвердженими у різні роки, яка наразі видобувається разом з іншою сировиною, але не вилучається, вилучається у обмеженій кількості або втрачається;
- червоним – отримується з ввезеної до країни сировини;
- рожевим – наявні прояви, сировина не вилучається;
- не мають фонового забарвлення – ті, по яких відомості про промислові накопичення відсутні, або їх існування на території України не можливо.

Збільшення цін та попиту на сировину літію є ідеальними умовами для видобувальних та переробних компаній, в тому числі і в Україні.

Рідкісні метали є важливою складовою ресурсної бази України. За попередніми оцінками, загальний ресурсний потенціал літію в Україні є досить високим [27]. Основні родовища літію пов'язані з протерозойськими комплексами (1,7-2,1 млрд років) лужних порід, карбонатних і гранітних пегматитів. Значні запаси літію виявлені на Шевченківському, Полохівському, Станкуватському родовищах та перспективних площах Добра, Крута Балка (рис.6.2). Оцінка запасів оксиду літію становить близько 500 000 тонн, але жодне з родовищ літію в Україні поки що не розробляється. Більшість літієвих родовищ є комплексними, тому навіть середні та малі родовища можуть бути інвестиційно привабливими за наявності розвинутої інфраструктури та гірничо-збагачувальних комбінатів у межах Українського щита (УЩ).

Україна за розвіданими запасами та перспективними ресурсами літію має потужну мінерально-сировинну базу та може повністю забезпечити власні потреби, а також постачати літієву сировину на західноєвропейський ринок.

Шевченківське родовище сподуменових руд можна вважати найбільш привабливим з точки зору поточної кон'юнктури і тенденцій на світовому та західноєвропейському ринках літієвої сировини.

попередньо розвідані запаси літєвих руд і оксиду літію. Протокол від 02.11.2017 р. № 4152%ДСК є доповненням до протоколу ДКЗ СРСР від 28.10.1988 р. № 10525 [28]. Наразі інформація щодо кількості запасів літію має обмежений доступ.

За результатами ГЕО-2 ДКЗ України апробовані запаси літєвої руди за категоріями С1 + С2 (або, згідно з Міжнародною Рамковою класифікацією ООН від 1998 р., коди класів 121 і 122) у співвідношенні 2 : 3.

У 20-х роках ХХІ століття потенціал України з виробництва літію почав привертати увагу всього світу. В кінці 2021 року Україна почала виставляти на аукціон дозволи на розвідку своїх запасів літію, а також міді, кобальту та нікелю.

У листопаді 2021 року австралійська компанія European Lithium заявила, що знаходиться в процесі отримання прав на два перспективних родовища літію в Донецькій області на сході України та в Кіровограді в центрі країни. У той час компанія заявила, що прагне стати найбільшим постачальником літію в Європі.

В тому ж місяці китайська компанія Chengxin Lithium також подала заявку на отримання прав на місцезнаходження літію в Донецьку та Кіровограді. Це свідчить про те, що Україна стає об'єктом інтересу для міжнародних компаній, які прагнуть забезпечити собі доступ до цих ресурсів.

Таким чином, стає зрозумілим, що освоєння розвіданого Шевченківського родовища літію на сьогодні є актуальним і перспективним, в першу чергу задля створення мінерально-сировинної бази рідкісних металів і рідкісних земель, комплексного використання МСБ України для забезпечення розвитку економіки країни.

За експертною оцінкою інвестиційної привабливості металічних корисних копалин України [28] Шевченківське родовище (Li+Ta+Nb+V+Q+слюда) виділено як найперспективніше та за сукупністю критеріїв на нього відкрито ліцензійні пропозиції для інвесторів.

Висновки до розділу 6.

Проаналізовано сучасний стан мінерально-сировинної бази літію світу та України. Встановлено, що найбільш перспективним для освоєння та збільшення МСБ України за допомогою інвестиційних програм та вкладення іноземного капіталу є Шевченківське родовище літію.

103М-22-1

ВИСНОВКИ

В результаті виконання кваліфікаційної роботи магістра:

1. Розглянуто існуючі гіпотези утворення пегматитів: найпоширеніша є магмагатогеогенна, метасоматична та ультраметаморфічна. За геологічними даними та мінеральним складом, пегматити Шевченківського родовища літію сформувались у три етапи: становлення гранітогнейсових куполів, вкорінення масивів шевченківських плагіогранітів, формування пегматитових утворень з рудною мінералізацією по ослаблених зонах зеленокам'яних поясів. За формаційною приналежністю досліджені пегматити належать до рідкіснометалевих пегматитів Li-Cs-Rb типу.

2. Обрано методи дослідження. Проаналізовані та узагальнені дані фондових матеріалів та літературних джерел; з метою вивчення речовинного складу пегматитів родовища в лабораторії проведено їх дослідження та обробка результатів – встановлено основні рудні мінерали літію та виділені головні петрографічні типи пегматитів).

3. Проаналізовано геологічну будову району досліджень. Встановлено, що Західноприазовський блок УЩ відрізняється дуже складною будовою, обумовленою перетином головних глибинних розломів геоблоку які і сформували Федорівську грабеноподібну структуру та ряд антикліноріїв і синкліноріїв. Саме з нею пов'язане Шевченківське пегматитове родовище літію. Вона складена комплексом магматичних, метаморфічних, ультраметаморфічних порід AR-Mz віку, а також утвореннями зеленокам'яних вулканогенних порід, які облямовують Вовчанський, Салтичанський, Куйбишевський, та Корскакський масиви.

4. Проаналізовано геологічну будову Шевченківського родовища літію. Встановлено, що воно складено комплексом магматичних, метаморфічних та ультраметаморфічних порід AR-Mz віку. В межах родовища виявлено шість крутопадаючих пегматитових тіл альбіт-сподуменового складу, які мають зональну будову та відрізняються наявністю

літієвої мінералізації. Встановлено, що літієва мінералізація приурочена до трьох зон, які займають центральні частини жил: альбіт-сподуменової; мікроклін-сподуменової; петаліт-сподуменової. Шевченківське пегматитове родовище є комплексним, оскільки в ньому відмічається Rb, Cs, Ta, Nb, Be, а безрудні пегматити є керамічною сировиною.

5. Проаналізовано речовинний склад пегматитів, встановлено що пегматити Шевченківського родовища відрізняються простим мінеральним складом, де мінерали літію представлені сподуменом трьох генерацій та петалітом, а породоутворювальні мінерали - альбітом, кварцом, мікрокліном та мусковітом. Другорядні та акцесорні мінерали, які часто містять ізоморфні домішки рідкісних елементів (апатит, ельбаїт, пірит, халькопірит, сфалерит та інші сульфіди, сфен, шпінель, магнетит та ін.) зустрічаються рідко і в незначній кількості. Визначено три головні петрографічні різновиди пегматитів Шевченківського родовища (кварц-альбітові пегматити, кварц-мікроклін-альбітові пегматити та кварц-альбіт-сподуменові пегматити), петалітові пегматити є слабкорозвинутими. Проаналізовано геохімічні особливості пегматитів, встановлено, що геохімічні аномалії родовища обумовлені мінеральним складом елементів-індикаторів рідкіснометалевого зруднення, а саме сподуменом та петалітом.

6. Проаналізовано сучасний стан мінерально-сировинної бази літію світу та України. Встановлено, що найбільш перспективним для освоєння та збільшення МСБ України за допомогою інвестиційних програм та вкладення іноземного капіталу є Шевченківське родовище літію.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Ісаков Л. В. Поля гранітних пегматитів Західного Приазов'я. – К.:УкрДГРІ, 2007. – 134 с.
2. Ісаков Л. В. Стислий огляд прогнозно-пошукових критеріїв та ознак рідкіснометалевого зруденіння, пов'язаного з пегматитами Західного Приазов'я//Збірник наукових праць УкрДГРІ. – 2006.– № 2. – С. 8–15.
3. Glover, A. S., W. Z. Rogers, and J. E. Barton. "Granitic Pegmatites: Storehouses of Industrial Minerals." *Elements* 8, no. 4 (August 1, 2012): 269–73. <http://dx.doi.org/10.2113/gselements.8.4.269>.
4. Isakov Leonid V. The origin of megastructures of the Ukrainian Shield in view of the magmatic plume concept//Dniprop. Univer.Bulletin. Geology, geography. – 2017. – № 25 (2). – С. 58–72.
5. Вовкотруб Н., Козар М., Данілов О. та ін. Звіт про геологічне вивчення надр «Геолого-економічна переоцінка запасів та ресурсів Шевченківського родовища літію». Звіт в 3 книгах. – Дніпро: КП «Південукргеологія», 2017.
6. Гейченко М.В., Фалькович О.Л., Менасова А.Ш., Лівенцева Г.А. Сучасний стан родовищ літєвих руд в Україні. *Мінерал. журн.* 2023. 45, № 1. С. 83—94. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.45.01.083>
7. European Lithium Limited (ASX:EUR, FRA:PF8, OTC:EULIF), 2021.
8. Л. В. Ісаков. Систематизація пегматитів Українського щита за геолого-структурними особливостями формування пегматитоносних гранітних комплексів/ Збірник наукових праць УкрДГРІ. 2013, № 3.- С.2-17.
9. Ісаков Л. В. До питання генезу та класифікації гранітних пегматитів докембрійських щитів.//Збірник наукових праць УкрДГРІ. 2006. № 4. С. 37–45.
10. Cerny P., Ercit T. S. Classification of granitic pegmatites revisited.//*Canadian Mineralogist*. 2005. V. 43. P. 2005–2026.

11. Isakov, L. and Isakova, M. (2019). Location pattern and genetic classification of granite pegmatites of the Ukrainian Shield. *Journal of Geology, Geography and Geoecology*.28,4(Dec.2019),673-691.

<https://doi.org/10.15421/111964>.

12. Sukach, V.V., Isakov, L.V., Bezvynnyi, 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 [inUkrainian]. <https://doi.org/10.31996/mru.2021.4.6-15>.

13. Бобров О. Б., Сіворонов А. О., Малюк Б. І., Лисенко О. А.Тектонічна будова зеленокам'яних структур Українського щита//Зб. наук. праць УкрДГРІ. – 2002. – № 1–2. – С. 46–67.

14. Шевченківське-родовище літєвих руд. Державна служба геології та надр України.

<https://www.geo.gov.ua/wp-content/uploads/2020/11/%D0%A8%D0%B5%D0%B2%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%BA%D1%96%D0%B2%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B5-%D1%80%D0%BE%D0%B4-%D0%BB%D1%96%D1%82%D1%96%D1%8E.pdf>

15. Ісаков Л.В., Бобров О.Б. Літєносні пегматити Шевченківського пегматитового поля (Західне Приазов'я). *Мінеральні ресурси України*. 2000. № 1. С. 23—30.

16. 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.

17. Grew, Edward S. "The Minerals of Lithium." *Elements* 16, no. 4 (August 1, 2020): 235–40. <http://dx.doi.org/10.2138/gselements.16.4.235>

18. Мінералого-геохімічні особливості рудоносних пегматитів родовищ Шевченківське і Крута Балка/ Л.В. Ісаков, В.В. Сукач, М.О. Донський, М.С. Котенко, Ю.О. Литвиненко /*Геохімія та рудоутворення* 2022. №43. – С.41-58 . <https://doi.org/15407/gof.2022.43.041>

19. Shavlo, S.G., Kirikilica, S.I., Knyazev, G.I. (1984). Granite pegmatites of Ukraine. Kyiv: Naukova dumka.
20. Баряцька Н.В., Гейченко М.И., Сафронова Н.Г. Основні етапи тривимірного моделювання на прикладі Шевченківського родовища літєвих руд./Надрокористування в Україні. Перспективи інвестивання.- Трускавець, 2018. – С. 211-217
21. Мінеральні ресурси України ДНВП “Геоінформ України” 2023. 270с.
22. Інвестиційний атлас надрокористувача. Стратегічні та критичні мінерали. Державна служба геології та надр України. Режим доступу: <https://www.geo.gov.ua/wpcontent/uploads/presentations/ukr/investicijnij-atlas-nadrokoristuvacha-strategichni-ta-kritichniminerali.Pdf>
23. Ціни на літій різко зростають через попит на електромобілі/ Журнал Forbes Ukraine, 2022.
<https://forbes.ua/news/tsini-na-litij-rizko-zrostayut-cherez-popit-na-elektromobili-21092022-8494>
24. *Benchmark Mineral Intelligence* produces expert quarterly forecasts for *Lithium*. <https://www.benchmarkminerals.com/forecasts/lithium>
25. International Energy Agency: Total demand for lithium by end use in the Net Zero Scenario, 2021-2050.
<https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/total-demand-for-lithium-by-end-use-in-the-net-zero-scenario-2021-2050>
26. Рудько Г.І.1 Критична мінеральна сировина. Шлях від українських надр до користувача./ Надрокористування в Україні. Перспективи інвестування. Матеріали Сьомої міжнародної науково-практичної конференції (2021 р., м. Львів). Державна комісія України по запасах корисних копалин (ДКЗ). –Том 1. – К.: ДКЗ, 2021. – 324 с.
27. Naumenko, U., i S. Vasylenk. «Prospects of development of lithium resource base in Ukraine». InterConf, вип.99, 2022.
<https://doi.org/10.51582/interconf.19-20.02.2022.072>.

28. Стратегічні корисні копалини України та їхня інвестиційна привабливість: монографія / В. А. Михайлов. – К.: ВПЦ "Київський університет", 2023. – 371 с.

103М-22-1

Додаток А

ВІДОМОСТІ МАТЕРІАЛІВ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

№	Формат	Позачення	Найменування	Кількість аркушів	Примітка
			Документація		
1	A4	ТСТ.ОППМ.12.23.ПЗ	Пояснювальна записка	79	
2			Графічний матеріали		Електронний ресурс
			Презентація Microsoft PowerPoint	26	Слайди

703М-22-1

Додаток Б

103M-22-1

Додаток В

103M-22-1