

О.В. ПЛОТНИКОВ, д-р геол. наук, проф., Криворізький національний університет
М.М. КУРИЛО, д-р геол. наук, доц., В. ОЗЕРКО, аспірант
Київський національний університет ім. Тараса Шевченка

КОМПЛЕКСНІ РОДОВИЩА ЯК ОСНОВНЕ ДЖЕРЕЛО ОТРИМАННЯ ПОЛЬОВО-ШПАТОВОЇ СИРОВИНИ ДЛЯ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Мета. Польовий шпат - це сировина, обсяг виробництва якої з кожним роком зростає як і ціна на нього. Поступово збільшується споживання в керамічній і скляній промисловості для виробництва сонячних панелей, житлового будівництва і будівництва промислових споруд.

Методика дослідження. Родовища польового шпату включають наступні типи: інтрузивні, ефузивні породи, кору вивітрювання кристалічних порід, осадово-змінені і змінені породи, а також частково середні і основні алюмосилікатні породи.

Наукова новизна. Встановлено промислове значення кожного виду родовищ польового шпату. За мінеральним асоціям виділено п'ять типів польово-шпатової сировини: 1) польовий шпат (сієніти, трахіти); 2) кварц-польово-шпатові (пегматити, граніти, піски і ін.); 3) нефелін-польовошпатові (нефелінові сієніти, лужні пегматити); 4) кварц-серіцит-польово-шпатові (сланці, вторинні кварцити); 5) кварц-каолініт-польово-шпатові (піски, лужні каоліни, вторинні кварцити).

Практична значимість На прикладі українських родовищ корисних копалин польового шпату показано, що комплексні родовища з супутніми корисними копалинами стають основним джерелом видобутку. Особливо, якщо це нові об'єкти промислової розробки.

Результати. Автори виділили три основні типи таких складних багатоконпонентних родовищ: 1) родовища інтрузивних порід, в яких кора вивітрювання кристалічних порід розробляється як супутня корисна копалина; 2) комплексні родовища, в яких польовошпатові породи є вміщувачами або перекриваючими, і також можуть розглядатися як супутні корисні копалини; 3) родовища, де можливе отримання концентрату польового шпату як продукту переробки рудних корисних копалин.

Ключові слова: комплексні родовища, польовошпатові сировина, промислові типи, супутнє вилучення, оцінка запасів.

doi:10.31721/2306-5435-2022-1-110-154-161

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Оцінка мінерально-сировинної бази польово-шпатової сировини в Україні є актуальною, оскільки тривалий період ця продукція не лише видобувалась з вітчизняних родовищ, але й імпортувалась у значних обсягах особливо її найбільш якісні різновиди. Існуючі потужності по видобутку і збагаченню польово-шпатової сировини протягом багатьох років не забезпечували потреби промисловості України, тому щороку завозилося приблизно 300 тис. тонн польово-шпатового концентрату [9], в тому числі з Турції, з рідкісноземельних родовищ Карелії та Узбекистану та ін.

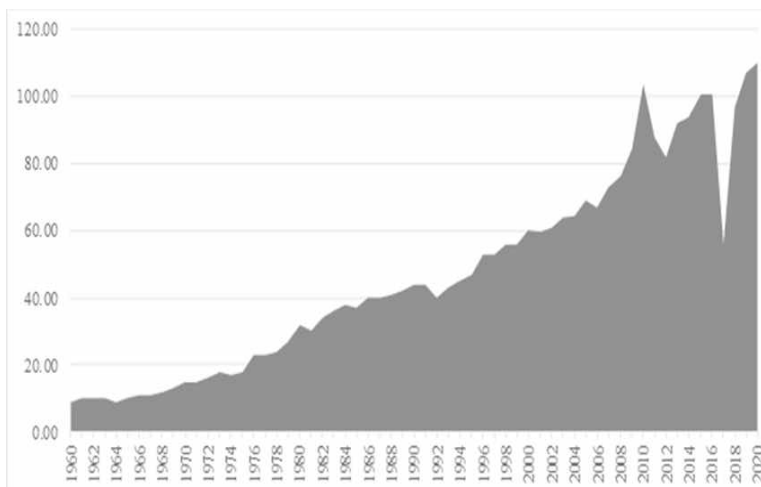
Аналіз досліджень і публікацій. Оцінкам якості та кількості запасів польово-шпатової сировини присвячено багато опублікованих та фондових матеріалів, які базуються на даних попередніх геологорозвідувальних робіт, зокрема, це роботи [2-5,8,10]. Усі наявні відомості щодо запасів і ресурсів даного виду корисних копалин зведені у Державному балансі запасів корисних копалин [1] та опубліковані у щорічних довідниках [6,7,12]. Актуальність геолого-економічної оцінки даних родовищ відзначено у Програмі розвитку мінерально-сировинної бази України до 2030 р., де польовий шпат віднесено до «видів мінеральної сировини, родовища яких на даний час в Україні не розробляються і недостатньо вивчені, але в перспективі можуть стати важливими для економіки держави, враховуючи потреби інших галузей промисловості» [9]. Тут також відзначено, що родовища, що розробляються в Україні, поставляють сировину низької якості. і для вирішення постачань високоякісного продукту необхідно покращити технології збагачення лужних каолінів, а також провести пошук і розвідку нових родовищ високоякісної польово-шпатової сировини [9].

Постановка задачі. Головним завданням даного дослідження є оцінка промислового значення польово-шпатової сировини як супутньої корисної копалини та супутнього компоненту при промислому освоєнні комплексних родовищ.

Викладення матеріалу та результати. Польовий шпат - це сировина, обсяг виробництва якого з кожним роком зростає, так само як і ціна на неї. Поступово збільшується споживання

польового шпату в керамічній і скляній промисловості для виробництва сонячних панелей, житлового будівництва і будівництва.

Рис. 1. Динаміка цін на польовий шпат (за статистичними даними usgs.gov [12])



Польові шпати поділяють на три основні групи: калієві польові шпати - (ортоклази, мікрокліни) $K_2OAl_2O_3 \times 6SiO_2$, натрієві польові шпати - (альбіти) $Na_2OAl_2O_3 \times 6SiO_2$ і кальцієві польові шпати - (анортити) $CaOAl_2O_3 \times 2SiO_2$, що в різній мірі присутні у всіх гірських кристалічних породах. Основним породоутворюючим мінералом багатьох видів магматичних метаморфічних і осадових гірських порід є калієвий польовий шпат. Окрім основних груп є ще інші польові шпати, наприклад барієві польові шпати - $BaOAl_2O_3 \times 2SiO_2$ (цельзіан), але вони рідко застосовуються для керамічних цілей. Основним параметром, що характеризує польово-шпатові концентрати є калійний модуль (відношення $K_2O:Na_2O$).

До польово-шпатової сировини відповідно до сучасних уявлень відносяться інтрузивні, ефузивні породи, кори вивітрювання кристалічних порід, осадові незмінні і змінні породи, а також частково середні і основні алюмосилікатні породи.

До польово-шпатової сировини відповідно до сучасних уявлень відносяться інтрузивні, ефузивні породи, кори вивітрювання кристалічних порід, осадові незмінні і змінні породи, а також частково середні і основні алюмосилікатні породи.

Кожний різновид польового шпату має свою сферу промислового застосування:

калієві польові шпати (ортоклаз, мікроклін, санідин) використовують в електрокерамічній, електродній, абразивній та фарфоро-фаянсовій промисловості. Для фарфоро-фаянсової промисловості калійний модуль встановлений у співвідношенні 2:1. Для ряду виробництв, зокрема виготовлення високовольтної порцеляни, необхідні польові шпати, максимально близькі до чистих калієвих (з модулем не менше 4:1, що відповідає 80 % ортоклазовій складовій);

калій-натрієву сировину, з калієвих модулем не менше 0,9, використовують для будівельної кераміки;

натрієву сировину з ненормованим калієвим модулем використовують для скляної промисловості, виробництва емалей і виробів типу склоподібного фарфору;

кальцієві польові шпати, що представлені плагіоклазами більш високих номерів, мають обмежене практичне застосування і їх присутність в польово-шпатових концентратах небажана.

За мінеральними асоціаціями всі породи польово-шпатової сировини можна розділити на п'ять типів:

- 1 - польовошпатові (сієніти, трахіти);
- 2 - кварц-польовошпатові (пегматити, граніти, піски і т. ін.);
- 3 - нефелін-польовошпатові (нефелінові сієніти, лужні пегматити);
- 4 - кварц-серицит-польово-шпатові (сланці, вторинні кварцити);
- 5 - кварц-каолінит-польово-шпатові (піски, лужні каоліни, вторинні кварцити).

Загальні балансові запаси польово-шпатової сировини станом на 01.01.2020 р. склали за категоріями $A+B+C_1$ - 49109,07 тис. тонн, кат., C_2 - 192703,8 тис. т, позабалансові - 192,91 тис. тонн [1, 6, 7].



Рис. 2. Схема родовищ та площ розвитку польово-шпатової сировини в Україні: Родовища пегматитів: 1 - Більчаківське, 2 - село Устя; 3 - Грузлівецьке; 4 - Лозуватське; 5 - Володимирівське, 6 - Балка Великого табору; кристалічних порід: 14 - трахіти ділянки Вербова, мікрогранодіорити Дубриницького родовища, лужні каоліни; 10 - Просянівське; 11 - Першозванівське; 12 - Біляївське; 13 - Катеринівське: супутні корисні копалини (відсів - польовошпатової сировини): 7 - Бахтин (флюоритові руди); 8 - Носачівське (титан-ільменітові руди); 9 - Мазурівське (руди танталу і ніобію)

В Україні виділено наступні види родовищ польово-шпатової сировини:

1. Пегматитові родовища: Більчаківське, с. Устя, Грузлівецьке, Лозуватське, Володимирівське, Балка Великого Табору.
2. Родовища кристалічних порід: трахіти стоянки Вербова, мікрогранодіорити Дубриницького родовища.
3. Родовища лужних каолінів: Просянівське, Першозванівське, Біляївське, Катеринівське.
4. Багатокомпонентні родовища (супутній видобуток або вилучення польового шпату): Бахтинське (флюоритові руди), Носачівське (титано-ільменітові руди), Пержанське родовище рідкісних металів, Мазурівське (танталові і ніобієві руди).

Способи розробки і переробки польово-шпатової сировини систематизована на рис. 3.



Рис. 3. Особливості методів видобутку та переробки польово-шпатової сировини за типом родовищ

На теперішній час відпрацьовується лише пегматитове родовище "Балка Великого Табору", на видобуток пегматитів родовища "Гірне" спеціальний дозвіл недійсний.

Польово-шпатової сировини видобувалась з кристалічних порід – Дубриницьке родовище мікрогранодіориту (Закарпатська область), що в вигляді дайкоподібного тіла залягає серед флішових порід гірських Карпат.

Розробка родовища проводилась ВАТ "Стеатит" згідно зі спеціальним дозволом від 29.11.2002 № 2858, який було анульовано в 2010 р. Окрім цього велись роботи по дослідження трахітів ділянки Вербова в Тельманівському районі Донецької області).

Видобувні роботи лужних каолінів ведуться в основному в Полонно-Баранівському рудному районі рис. 4.

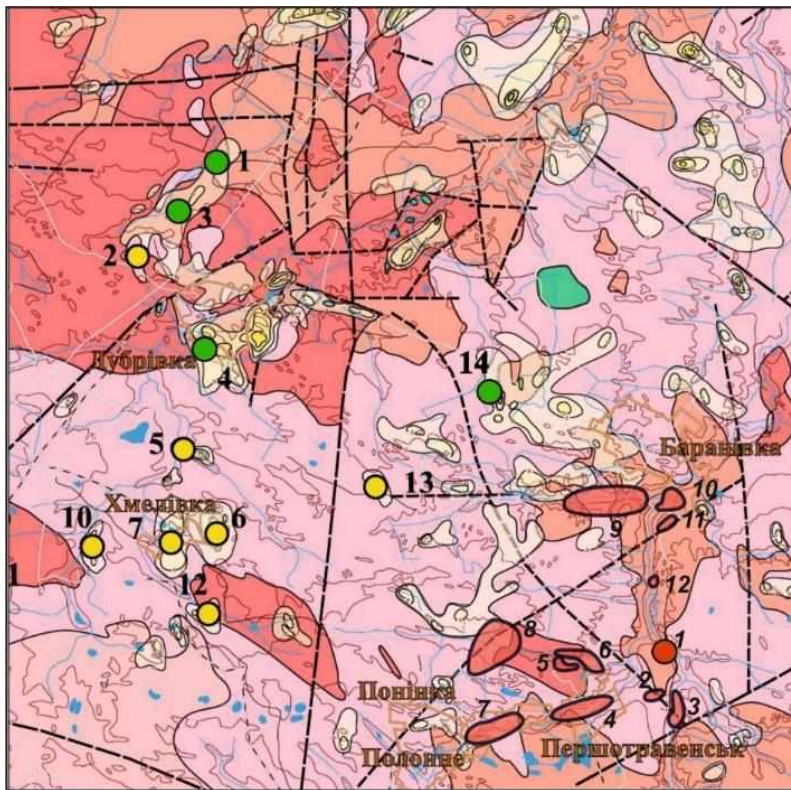
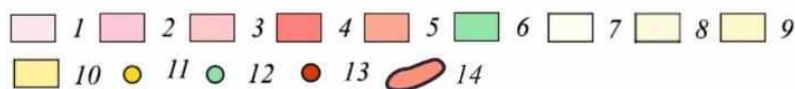


Рис. 4. Полонно-Баранівський рудний район:

Стратиграфічні утворення: 1 - клесівська серія, новоград-волинська товща -сланці, біотитові мікрогнейси (нижній протерозой); 2,3 - гнейси і сланці біотитові (тетерівська серія); 4 - мезократові граніти, плагіограніти, мігматити біотитові, дрібнозернисті (житомирський комплекс); 5 - граніти біотитові, амфібол-біотитові двослюдяні, різнозернисті, крупнозернисті, порфіроподібні; 6 - габро. габро-амфіболіти (комплекс основних та ультраосновних порід); Потужності каолінової кори вивітрювання: 7 - 0-5 м; 8 - 5-10; 9 - 10-15; 10 - понад 15 м; 11-13 - родовища каолінів нормального (11), лужних (12) типів;

Родовища каолінів: 1 - Дібрівське; 2 - ділянка Західна, 3 - ділянка «П'ятирічка»; 4 - Дубрівське; 5 - ділянка Новаківська - північний блок; 6 - ділянка «Новаки»; 7 - Хмельівське; 8 - Купинське; 9 - Цмівське-1; 10 - Судимонтське; 11 - Урочище Старий Ліс; 12 - Буртинське; 13 - Полонське (Глибочок); 14 - Йосипівське; Пегматити: 13 - родовище Гірне (1); 14 - пегматитові поля: 2 - ділянка "Піонербір", 3 - ділянка "Вільха"; 4 - ділянка "Першотравневська"; 5 - ділянка "Орли"; 6 - ділянка "Глибочок"; 7 -



ділянка "Понінка"; 8 - ділянка "Липівка"; 9 - ділянка "Стара Гута"; 10 - ділянка "Жабориця"; 11 - ділянка "Полянка"; 12 - ділянка "Дот"

На теперішній час Полонно-Баранівський рудний район є одним із значних у зв'язку з тим, що в його межах знаходяться родовища пегматитів та площі їх розвитку і родовища лужних каолінів, та промислова база їх переробки - ПАТ «Першотравенський завод електротехнічного фарфору», Баранівська філія ДП «Шпат».

За аналізом видобутку польово-шпатової сировини відзначається, що основна частина нарощування видобутку польово-шпатової сировини приходить в основному на комплексні родовища - ділянка П'ятирічка Дубрівського родовища та ділянка Новаківська Майдан-Вільського родовища де розробляються лужні каоліни. жорства польово-шпатово та польово-шпатові кристалічні породи (граніти, мігматити, плагіограніти, пегматоїдні граніти).

Найбільш показовим з об'єктів довивчення польово-шпатової сировини є ділянка П'ятирічка Дубрівського родовища, що розробляється ТОВ "П'ятирічанка" відповідно до спеціального дозволу на користування надрами № 5633 від 04.09.2012. Ділянка "П'ятирічка" Дубрівського родовища лужних каолінів розташована на відстані близько 400 м на північ від с. Глинянка (до 2016 р. - П'ятирічка) Баранівського району Житомирської області.

До 2019 р. ділянка П'ятирічка Дубрівського родовища розроблялась як родовище первинних каолінів затверджених у 1991 р. протоколом ЦКЗ ДК "Укрбудматеріали" у кількості 614 тис. т у якості сировини для виробництва вогнетривкої цегли. Роботами 2019-2020 рр. виробничим кооперативом "Геолог" виконано повторну геолого-економічну оцінку первинних каолінів як лужних каолінів ділянки "П'ятирічка" Дубрівського родовища з переоцінкою їх за новим напрямом використання і дорозвідкою нижньої частини покладу каолінів – жорстви польово-шпатової як польово-шпатової сировини, а також підстеляючих кристалічних порід (граніти, мігматити, плагіограніти, пегматоїдні граніти) як польово-шпатової сировини (рис. 5). Якість лужних каолінів, жорстви польово-шпатової і підстеляючих кристалічних порід визначалась за вмістом SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , TiO_2 , K_2O і Na_2O .

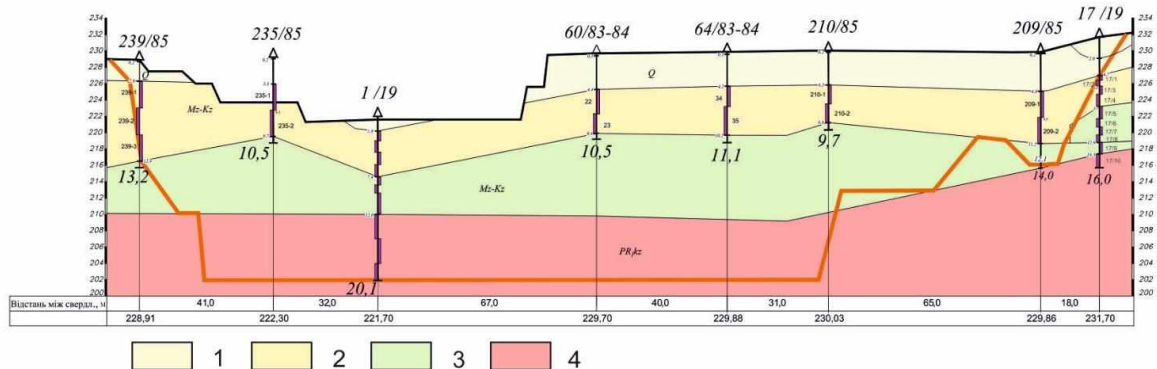


Рис. 5. Схематичний розріз ділянки П'ятирічка Дубрівського родовища (за даними ВК «Геолог»): 1 - осадові породи (Q); 2 - лужні каоліни (Mz-Kz); 3 - польово-шпатові жорства (Mz-Kz); 4 - польово-шпатові кристалічні породи (граніти, мігматити, плагіограніти, пегматоїдні граніти)

Відзначається, що вміст польових шпатів зменшується знизу вгору за рахунок каолінізації плагіоклазу, вміст глинозему збільшується знизу вгору і накопичується в лужних каолінах. Вміст оксиду заліза низький. Вогнетривкість лужних каолінів ділянки "П'ятирічка" Дубрівського родовища складала 1380-1710 С, жорстви польово-шпатової - 1320-1580 С, кристалічних порід - не визначалась.

Технологічні випробування лабораторно-технологічних проб з метою перевірки технологічних параметрів виробництва польово-шпатових мас в умовах виробництва проводились на НПС "Завод керамічної плитки" ТОВ "Епіцентр К". Одержані керамічні маси пройшли помел та відмагнічення від залізних і слабomagнітних матеріалів за допомогою стержньового магніту. Були приготовлені шихти мас, технологічні параметри яких відповідали виробничим та вимогам ДСТУ Б В.2.7-117-2002 "Плитки керамічні для підлог. Технічні умови". На теперішній час НПС "Завод керамічної плитки" ТОВ "Епіцентр К" у керамічних масах застосовують як лужний каолін так і польово-шпатову сировину для виготовлення керамічних плиток. [7, 10].

Одним з комплексних родовищ польово-шпатової сировини є Мазурівське родовище рідкіснометалевих нефелін-польово-шпатових руд (ніобію, танталу, цирконію) із затвердженими запасами. Воно є одним з перших виявлених цирконових родовищ, на якому, в процесі проведення пошукових робіт 1934-1948 рр. була встановлена промислова значимість виявлених руд.

Мазурівське родовище розглядалось як утворення, що містить два рудних типи: цирконові руди лужного комплексу та ільменітові руди основних і ультраосновних порід. Родовище експлуатувалось до 1967 р., коли з появою більш дешевої сировини Вільногірського гірничо-металургійного комбінату воно було законсервоване. Через відсутність економічної технологічної схеми збагачення останні метали не перероблялись, а у вигляді шламів (99% від початкового об'єму руди) відправляли у відвали, де складувались поблизу ХМЗ. Всього було перероблено близько 2 млн тонн руди. На даний час накопичене «хвостосховище» збагачувальної фабрики містить нефелін, польові шпати, пірохлор, рідкіснометалеві та рідкісноземельні мінерали і являє собою техногенне родовище - потенційне джерело польових шпатів.

В цілому на родовищі (Мазурівський рудний вузол) виявлено 44 рудних тіла, у т. ч. в межах ділянки деталізації - 10 (в границях проектного кар'єру). Рудні тіла простежені на значні відстані, для потужних тіл часто - на більше ніж 1000 м. Ширина їх переважно більше 300 м, а потужність коливається від 1 до 45-80 м. У період 1994-2003 рр. на Мазурівському родовищі проведена детальна розвідка Приазовською КГРП найбільш перспективної ділянки, розташованої в південно-західній частині родовища, по розвідувальній мережі 50×50 м.

Родовище відноситься до геолого-промислового типу рідкіснометалевих альбітитів, пов'язаних з нефеліновими сієнітами. Основний промисловий тип руд - дрібно-вкраплений, комплексний тантал-ніобій-цирконовий. Головним носієм ніобію та танталу є пірохлор. цирконію - циркон. За рівнем вмісту умовного п'ятиокису танталу - узагальнюючого кондиційного показника, що враховує внесок кожного основного компоненту у вартість продукції, на родовищі виділені бідні (від 16 до 33%), рядові (28-58%), багаті (15-55%) і дуже багаті руди (0-2%).

Розподіл оксидів ніобію, танталу та цирконію в промислових тілах нерівномірний та вкрай нерівномірний.

Протягом 2003-2004 рр. ДРГП «Донецькгеологія» проведені розвідувальні роботи для геологічного промислової оцінки техногенних відходів збагачення Мазурівського рідкіснометалевого родовища на площі 8,5 га. У 2005 р. ДКЗ оцінило кількість польово-шпатової сировини в відвалах Східної ділянки сховища у кількості 1133,5 тис. т.

У період з 2014-2016 рр. ТОВ «Азов-Мінералтехніка» проведені дослідження та розроблено технологічний регламент польово-шпатової сировини. Результати випробування довели придатність матеріалу для виробництва кольорового тарного скла. За результатами випробувань ТОВ «Азов-Мінералтехніка» розроблені технічні умови: ТУ У 23.9-38996146-001:2014 «Плавлені лужний алюмосилікатний». Випробування польово-шпатового концентрату з низьким вмістом оксидів заліза у виробництві керамічної плитки (кахлі) та санітарно-технічної порцеляни показали, що в матеріалі містяться домішки, які дають більш темне забарвлення керамічної маси при випалюванні кераміки, в порівнянні з польово-шпатовими матеріалами інших виробників (з тим же вмістом оксидів заліза). Таким чином, польово-шпатові концентрати з відходів збагачення вивітрілих руд Мазурівського родовища з вмістом Fe_2O_3 до 0,5 % в керамічному виробництві придатні обмежено - для виробництва керамічних виробів, які покриваються непрозорою (глухою) поливою. Розрахунки техніко-економічних показників, що характеризують економічну доцільність розробки запасів Східної ділянки сховища відходів збагачення вивітрілих руд Мазурівського рідкіснометалевого родовища [4,5,8].

Станом на 2020 р. балансові запаси польово-шпатової сировини Східної ділянки сховища відходів збагачення вивітрілих руд складають 826 тис. тонн. Переробка заскладованих відходів дозволяє звільнити значні площі хвостосховища та ліквідувати джерело потенційної екологічної небезпеки з огляду на існуючий зв'язок хвостосховища з басейном річки Кальчик. Разом з тим, досить швидко і без значних інвестицій, може бути створена база польово-шпатової сировини дія керамічної галузі [11]. Таке виробництво стане полігоном для підготовки комплексного освоєння Мазурівського родовища.

У зв'язку зі зростанням попиту на рідкіснометалева сировину, особливий інтерес викликає Пержанське рудне поле, в межах якого знаходиться Пержанське родовище берилію, представлене поки єдиним в світі промислово-генетичним і технологічним типом високоякісних фенакіт-гентгельвінових руд в лужних (польово-шпатових) метасоматитах.

На родовищі розвідано дві ділянки: Північна (5,5×1,5 км) і Крушинська (4,0×2,0 км). Рудні зони мають згідне залягання з простяганням основних структурних елементів Суцано-Пержанської зони, їх довжина сягає 5 км при ширині до 35-100 м. Рудні зони за падінням простежено до 400 м. Будь-яка з рудних зон складається з серії кулісовидних рудних тіл потужністю від перших метрів до 20-30 м. Рудні тіла складені польово-шпатовими і слюдисто-кварц-польово-шпатовими метасоматитами, утворюють лінзо- і жиліподібні утворення складної форми (характерні роздуви, тупе виклинювання) поклади з багатим гентгельвіновим (гентгельвін - $Zn_4(BeSi_2)_3S$) оруденінням (середній вміст BeO становить 0,55 %, максимальний вміст - 8%) [2,3].

Саме Пержанське рудне поле розміщене в центральній частині Суцано-Пержанської тектоно-метасоматичної зони північно-східного простягання (північно-західна частина Волинського мегаблока Українського щита), у вузлі її перетину з широтною Північноукраїнською лінійною зоною тектонічної активізації [5]. Це рудне поле разом з Яструбецьким, Юрівським та Суцанським рудоносними полями утворюють Пержанський рудний район у межах Суцано-Пержанської структурно-металогенічної зони [2,3].

Дослідженнями хімічний склад порід Пержанську рудного вузла встановлено, що сума K_2O+Na_2O складає 6,9-12,8 % у гідротермально-метасоматичних утвореннях (сієніти, граніти, метасоматити) та мають калієвий модуль 0,6-1,9 та можуть слугувати матеріалом для польово-шпатових концентратів, що збільшить економічну привабливість

Одним із шляхів підвищення інвестиційної привабливості родовищ є комплексна розробка на одному гірничо-збагачувальному комбінаті різних рудних об'єктів рудного поля, що дозволить виробляти товари різного призначення (оксид берилію, сульфід цинку, ільменіт, апатит, дистен, циркон (рідкоземельні, флюоритові і польово-шпатові концентрати) для забезпечення

розвитку електронної, ядерної, автомобільної і авіаційної промисловості і високорентабельного сільського господарства.

Слід зазначити, що Мазурівське і Пержанської родовища рідкісних металів віднесені до пріоритетних об'єктів розробки.

В Україні є і інші багатокomпонентні родовища польово-шпатової сировини як супутнього компоненту- Бахтинське (флюоритові руди), Носачівське (титано-ільменітові руди).

Бахтинське родовище флюориту знаходиться в Мурованокуриловецькому районі Вінницької області. Родовище приурочене до ольчедаївських і ямпільськогоих польово-шпатових-кварцових пісковиків вендського віку. Родовище складається з двох рудних тіл (верхнього і нижнього), що складаються з роз'єднаних лінзоподібних тіл на площі 700 x 1200 м, глибина залягання 21,3-118,5 м. Загальна потужність флюоритовмісних пісковиків коливається від 0,4 до 4,7 м, а вміст флюориту в них коливається від 5 до 48,9% (в середньому 15%). Флюорит в пісковиках є типовим епігенетичних мінералом, який замінює цемент, частково кварц і польові шпати. Бахтинське родовище флюориту планується розробляти підземним рудником із терміном експлуатації більше 20 років. Під час експлуатації родовища і флотації більше половини товарного продукту складуть польово-шпатові концентрати.

Носачівське апатито-ільменітове родовище розташоване в Смілянському районі Черкаської області України. Родовище складається з двох видовжених пластовидібних покладів. Довжина рудних тіл становить до 2000 м, ширина - від 450 до 1000 м. З огляду на гірничо-геологічні умови родовища (кут падіння покладів 45-75°, глибина розробки нижче 700 м), необхідність збереження земної поверхні із наявними високоякісними об'єктами, найбільш прийнятним і економічно доцільно підземний спосіб розробки. Вихід польово-шпатових концентратів складе більше 2 млн тонн при плановій продуктивності 4 млн тонн руди.

Висновки та напрямок подальших досліджень. На прикладі українських родовищ польового шпату показано, що комплексні родовища з супутніми продуктами видобутку і переробки стають основним джерелом отримання польово-шпатової сировини. Особливо, якщо це нові об'єкти видобутку корисних копалин. Виділено три основні типи таких складних багатокomпонентних родовищ:

- 1) родовища інтрузивних порід, в яких кора вивітрювання кристалічних порід розробляється як супутня корисна копалина;
- 2) комплексні родовища, в яких польово-шпатові породи є вміщуючими або перекриваючими, і також можуть розглядатися як супутні корисні копалини;
- 3) родовища, де можливе отримання польово-шпатового концентрату як продукту переробки рудних компонентів.

Виробництво концентратів польового шпату як побічних продуктів при переробці руди багатокomпонентних родовищ - один із способів підвищення їх рентабельності. Це пов'язано з великими обсягами виробництва продукції з польового шпату і зростанням цін на сировину. Ціна на продукцію з польового шпату не така висока, як на основні рудні компоненти - метали, флюорит, апатит, але величезний обсяг виробництва цих продуктів впливає на кінцеву вартість родовища.

Список літератури

1. Баланс запасів корисних копалин України. Випуск 72. Польовий шпат. Київ, Державне науково-виробниче підприємство "Державний інформаційний геологічний фонд України", 2018.
2. **Висоцький Б. Л., Ликов Л. І., Приходько В. Л.** та ін. Геологоекономічна оцінка Пержанського рудного поля//Збірник наукових праць УкрДГРІ, 2005. -№ 1. - С. 172-179.
3. **Войновський А. С., Бочай Л. В., Нечасв С. В.** та ін. Комплексна металогенічна карта України. Масштаб 1:500 000. Пояснювальна записка. - К.: УкрДГРІ, Держ. геол. служба Мінекоресурсів України, 2002. – 336 с.
4. **Галецький Л.С., Науменко У. З., Чернієнко Н. М.** Основні типи рудоносних структур України// Мінеральні ресурси України, 2016. - № 4. - С. 12-19.
5. **Галецький Л. С., Шевченко Т. П., Чернієнко Н. М.** Нові уявлення про геологічну структуру та металогенію території України// Геологічний журнал, 2008. – № 3. – С. 74–83
6. Мінеральні ресурси України, Київ, Державне науково-виробниче підприємство «Державний інформаційний геологічний фонд України», 2014. 270с.
7. Мінеральні ресурси України, Київ, Державне науково-виробниче підприємство «Державний інформаційний геологічний фонд України», 2020. 270с.
8. **Мостика Ю.С., Шпильовий К.Л., Мякишев В.М., Шпильовий Л.В.** Обґрунтування геолого-економічних. технологічних та екологічних можливостей промислового освоєння техногенного родовища польовошпатової сировини // Сучасні економічні можливості розвитку та реалізації мінерально-сировинної бази України і Росії в умовах глобалізації ринку мінеральної сировини: 36. наук. пр. ІГН НАН України. - К., 2005. - С. 219-222.

9. Про затвердження Загальнодержавної програми розвитку мінерально-сировинної бази України на період до 2030 року. Закон України № 3268-VI від 21.04.2011// <https://zakon.rada.gov.ua/laws/card/3268-17>

10. Рудько Г.І., Озерко В.М., Шепель І.В. Геологія і геолого-економічна оцінка родовищ каоліну України. За ред. Г.І. Рудька. Київ. 2015.

11. Чернієнко Н.М. Комплексне використання руд Мазурівського родовища, Приазов'я, <http://ea.donntu.org:8080/jspui/bitstream/123456789/7226/1/215-222.pdf>

12. Feldspar Statistics and Information. National Minerals Information Center. USGS// <https://www.usgs.gov/centers/nmic/feldspar-statistics-and-information>

Рукопис подано до редакції 27.04.22

УДК 622.235: 622.271

Є.О. НЕСМАШНИЙ, д-р техн. наук, проф., Г.І. ТКАЧЕНКО, канд. техн. наук, доц.,
М.В. МИХАЙЛЕНКО, студентка, Криворізький національний університет

ОПЕРАТИВНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ВІДСТАНІ РОЗЛЬОТУ КУСКІВ ГІРСЬКОЇ ПОРОДИ ПРИ МАСОВИХ ВИБУХАХ НА КАР'ЄРАХ КРИВБАСУ

Мета. Метою даної роботи є розроблення методу оперативного визначення максимально можливої відстані розльоту кусків гірської породи в залежності від технологічних параметрів буро-вибухових робіт при проектуванні та проведенні масових вибухів на кар'єрах. Отримання результатів розрахунків для створення діаграми розльоту кусків гірської породи для гірничо-геологічних умов кар'єрів Криворізького залізрудного родовища з метою запобігання шкоди від вибухових процесів і підвищення безпеки відкритих гірничих робіт.

Методи дослідження. Поставлені завдання базуються на комплексному методі досліджень, що включає: аналіз науково дослідних робіт по буро вибуховим роботам на кар'єрах Кривбасу та їх моніторингу; результати інженерно-геологічних вишукувань залізрудного родовища, використання емпіричних законів гірничої механіки; комп'ютерні технології й обчислювальні програми; оброблення результатів досліджень.

Наукова новизна. Вперше, отримано результати, які дозволяють визначити сейсдобезпечні параметри масових вибухів й науково обґрунтувати ймовірні негативні геомеханічні процеси від руйнування гірничої породи у підричних блоках. Розроблена методика розрахунків може бути корисною для подальшого розвитку теоретичних положень щодо буро вибухових відкритих гірничих робіт з метою підвищення ефективності й безпеки на кар'єрах Кривбасу.

Практичне значення. Отримані результати дозволяють доповнити існуючі нормативні норми й рекомендації щодо границь небезпечної за розльотом кусків гірської породи в зонах масових вибухів на кар'єрах; наочно зобразити закономірності розльоту уламків породи для різних значень коефіцієнту міцності за шкалою Протод'яконова залежно від величини колонки свердловинного заряду та відстані між вибуховими свердловинами. Виконані розрахунки надають реальні передумови для створення алгоритму оптимального управління комплексом буро вибухових робіт для конкретних інженерно-геологічних умов кар'єрів Кривбасу.

Результати. З метою підвищення ефективності проектування і проведення масових вибухів, належного та вчасного контролю дотримання вимог правил безпеки, запропоновано використовувати спеціальні діаграми розрахунку відстаней розльоту уламків гірської породи залежно від гірничо-геологічних умов кар'єрів.

Ключові слова: відкриті гірничі роботи, кар'єр, буріння свердловини, буро-вибухові роботи, відстань розльоту, масові вибухи.

doi:10.31721/2306-5435-2022-1-110-161-168

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Основна особливість буро вибухових робіт на кар'єрах Криворізького регіону полягає в тому, що територія родовища забудована житловими будинками та промисловими спорудами, тому завжди актуальним, при проектуванні таких робіт, є питання визначення безпечних зон, в тому числі по розльоту кусків гірської породи. Це дає змогу запобігти механічному руйнуванню гірничого обладнання, житлових і промислових споруд уламками гірської породи, або ж звести до мінімуму ці негативні прояви. При цьому визначення таких безпечних відстаней іноді треба виконувати дуже оперативно безпосередньо на вибуховому блоці, де не має можливості проводити будь-які математичні розрахунки [1-3]. Також практично на всіх кар'єрах виконуються роботи по їх реконструкції, пов'язані з необхідністю розкриття добувних горизонтів на значних глибинах. Особливістю цих робіт є те, що вони ведуться в умовах, коли розміри робочих зон обмежені, і планові масові вибухи необхідно проводити на незначній відстані від житлових будинків та споруд соціально культурного призначення. Так одним з важливих елементів реконструкції транспорт-