

УДК 549.08;553.08

<https://doi.org/10.30836/gbhgd.2024.18>

ІННОВАЦІЙНІ МІНЕРАЛОГІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ТЕХНОЛОГІЇ

Жикаляк М.В.

Державне регіональне геологічне підприємство «Донецькгеологія», тимчасова адреса:
м. Київ, Україна, dongeo@ukr.net

INNOVATIVE MINERALOGICAL RESEARCH AND TECHNOLOGY

Zyikalyak M.V.

State Regional Geological Enterprise «Donetsk Geology», temporary address:
Kyiv, Ukraine, dongeo@ukr.net

Scientific mineralogical research and practical technologies ensured the discovery of new chemical elements during the 18th and 19th centuries and contributed to the sustainable development of geological science and practice in the 1960s and 1970s. The study of physical and chemical conditions, the sequence of laws of mineral formation guaranteed a positive search for metallic minerals and effective mining activity. Using the example of metals of the platinum group, copper and tantalum and niobium, the relevance of innovative mineralogical research and technologies for the restoration of domestic industry and the neo-industrial development of the national economy is considered.

Комплексні мінералогічні дослідження минулих років стали основою цілеспрямованих пошуково-розвідувальних робіт на рудні й нерудні корисні копалини та забезпечили ренесансний розвиток геологічної науки і практики в 1960-1970 роках. Раніше, протягом XVIII-XIX століть, відкриття нових хімічних елементів визнавалося тільки після виявлення або виділення їх мінеральної форми як матеріальної речовини. При цьому, вивчення фізико-хімічних умов, послідовності та закономірностей мінералоутворення гарантували позитивний пошук металічних корисних копалин і ефективний розвиток гірничої діяльності.

За сукупністю ознак мінералів і мінеральних асоціацій рудних тіл можна судити не тільки про процеси та умови мінерало-й рудоутворення та особливості пошуку покладів корисних копалин різного генетичного типу, але й виявляти нові види мінеральної сировини, обґрунтовано формувати інноваційний мінерально-сировинний комплекс держави та здійснювати максимально повне вилучення корисних копалин з надр і забезпечувати розроблення оптимальних, найбільш економічно ефективних та екологічно ощадливих технологій переробки не освоєних вітчизняною промисловістю благородних, кольорових, рідкісних і рідкісноземельних металів. Стимулом розвитку інноваційних напрямів мінералогічних досліджень і технологій в сучасних умовах є актуальність комплексного використання недостатньо вивчених і не підготовлених для формування цільового мінерально-сировинного комплексу в умовах відсутності відповідних переробних підприємств та необхідністю неоіндустріалізації вітчизняної промисловості. На мою думку, саме відсутність таких мінералогічних досліджень і технологій призвела до передчасної деіндустріалізації національної економіки та обумовила масштабну олігархізацію традиційних базових галузей промисловості України.

У національній економічній стратегії України на період до 2030 року поставлено завдання нарощування економічного потенціалу держави за рахунок

суттєвого збільшення власного видобутку вуглеводнів та індустріальних мінералів й металів. Значить, економічний і технологічний потенціал країни в умовах воєнного стану та післявоєнної відбудови залежатиме від надійного функціонування як базових, так і інноваційно-орієнтованих галузей вітчизняної промисловості. Розглянемо важливість інноваційних мінералогічних досліджень і технологій на конкретних стратегічних прикладах.

Метали платинової групи, зокрема рутеній. Основними платиноносними країнами, включаючи рутеній, є Південно-Африканська республіка (ПАР), Зімбабве, Канада, США, російська федерація, Китай, Австралія, Фінляндія та Індія із вмістом МПГ у рудах від 2,0-5,6 г/т (в основному) до 12-20 г/т в окремих рудних тілах. Рутеній є супутником платини і завжди присутній як у первинних рудах, так і у відходах (хвостах) платинового виробництва, та разом із ренієм міститься в мідних і поліметалічних рудах. Підтвержені запаси металів платинової групи (МПГ) у світі станом на 2010 рік склали близько 53 тонн із збільшенням їх обсягів на 0,8-1 т через кожні 5 років. При цьому в сумі МПГ переважає платина - до 48%, а в ПАР сума платини та паладію досягає 86-90%.

За вмістом у рудах МПГ рутеній займає четверте місце після платини, паладію та осмію до 10-12% від суми металів платинової групи [5,7]. Нетрадиційним джерелом рутенію є продукти розпаду радіоактивних металів. Зокрема частка рутенію в тонні відпрацьованого палива на атомних електростанціях (АЕС) досягає 250 г. Рутеній також є єдиним платиноїдом, який міститься в складі живих організмів. Сумарний щорічний видобуток рутенію в світі попутно з розробкою платинових руд складає 22-25 тонн, головним чином у Південно-Африканській республіці, Канаді, США та російській федерації, однак основним постачальником цього рідкісного платиноїду на світовому ринку є ПАР.

Рутеній переважно використовується в електронній (35%), електрохімічній (24%), хімічній та нафтохімічній промисловості (25%), а також для виробництва екологічно чистих каталітичних (відновлюваних) паливних елементів (батареї) потужністю до 300-500 Вт і в якості жаростійких конструктивних матеріалів в аерокосмічній техніці. В США для потреб електротехніки розроблялися та досліджувалися металокерамічні сплави на основі рутенію та інших платиноїдів. Крім того, рутеній суттєво підвищує корозійну стійкість титану, відіграє важливу роль в системах очистки води на орбітальних станціях, використовується в якості особливо міцного покриття ювелірних виробів та при лікуванні онкологічних і шкіряних захворювань. Очікується, що після 2050 року споживання платиноїдів, у тому числі рутенію, значно збільшиться, у зв'язку з широким їх використанням не тільки в електротехніці та в електрохімії, але й в інноваційних природоохоронних технологіях.

Платиносні формації та рудні тіла платиноїдів, як правило, об'єднують в три геолого-промислові типи за формою знаходження МПГ у рудах і ступенем перспективності залучення їх у промислове виробництво.

- *перший тип* – знаходження МПГ у складі металосульфідних сполук та мікронних виділень інтерметалів, сульфідів і телуридів з обмеженими перспективами промислового освоєння;

- *другий тип* - родовища із знаходженням МПГ у складі основних рудних мінералів, провідних руд у вигляді ізоморфних домішок, а також мікронних включень власних мінералів МПГ. За наявності ефективних технологій вилучення платиноїдів із основних руд доцільна попутна промислова розробка платиноїдів даного типу;

- *третьої тип* – родовища, сформовані самородними елементами, їх сполуками, інтерметалідами, сульфідами, арсенідами, лауритом, ерліхманітом і руарситом тощо, які складають основу видобувної галузі платиноїдів у всіх платиноносних рудних і розсипних районах світу.

Аналіз наявних технологій збагачення руд МПГ показує, що промислові схеми базуються на мінералогічних дослідженнях і концентрації платиномістких мінералів, а не концентрації хімічних елементів, оскільки 60-90% платиноїдів знаходиться у мінеральній формі в зернах розміром більше 40 мкм. Це передбачає, що МПГ можуть вилучатися у власний концентрат тільки за умов, якщо основна (материнська) руда не буде попередньо перероблятися до порошку, оскільки тоді чимала частка перероблених мінералів платиноїдів (власний концентрат) буде втрачена.

Раціональна методика мінералогічних досліджень платиноїдів передбачає, що після отримання з вихідної рудної проби розміром зерен 0,5-3 мм здійснюється концентрування з нього зерен розміром від 3-10 мкм до 45 мкм важких фаз з використанням тільки води та піни методом гідросепарації та наступним пресуванням важкого концентрату з пластмасою для отримання штучного полірованого аншлафа. Дослідження зерен важких мінералів МПГ здійснюється за допомогою електронного мікроскопа, а залишок проби аналізується на вміст елементів з використанням мас-спектрометра та пробірно-хімічної або атомно-абсорбційної методики лабораторних досліджень.

Мідь. Поклади сульфідної міді виявлені в процесі цільових пошукових робіт минулих років у межах Волино-Подільської плити і в Бахмутській улоговині Донбасу, а потенційні родовища самородної міді-в осадово-вулканогенної товщах Волинської западини (міднорудної провінції). Найбільш перспективними в Бахмутській улоговині є Берестянський, Гладосівський та Картамиський рудопрояви із середнім вмістом міді від 0,56 до 0,94% при потужності рудних перетинів від 0,3 м до 1,8 м. на Ратницькому і Рафалівському рудних вузлах середній вміст міді в рудоносних зонах потужністю до 20,0-25,0 м складає 0,7% із збільшенням до 4,0-5,1% в окремих прошарках потужністю 1-2 м.

У рудних горизонтах рудопрояву Жиричі вміст міді становить від 0,7-1,2% до 4,15% на рудні перетини 4,5-15,0 м.

Після розробки програми «Мідь України» з метою координації робіт заступником міністра Мінпромисловості Сергієм Міщенком на базі заводу кольорових металів у м. Артемівську була проведена міжвідомча нарада, за результатом якої були підготовлені комплексні висновки та рекомендації. Зокрема було зазначено, що в Україні немає жодного потенційного об'єкту для будівництва первинного гірничо-металургійного комплексу – ні в Бахмутській улоговині, ні в межах Волино-Подільської плити, оскільки в світі розробляють

сульфідні руди з вмістом міді 2,5-3,5%. Навіть у сусідній Польщі вважається економічно не доцільним освоєння нового родовища із середнім вмістом міді 1,5%, яке розташоване на значній відстані на північ від діючого гірничо-металургійного комбінату «Польської міді». Крім того для отримання 1 т міді із сульфідних руд необхідно використати 32 т сірчаної кислоти, а це додаткові екологічно-технологічні ризики і проблеми. Тому враховуючи, що в Україні відсутня первинна гірничо-металургійна переробка сульфідних мідних руд, яка складає у загальних витратах виробництва 1 т анодної міді 35% (за даними «Польської міді»), рудопрояви самородної міді Волині були визнані в якості єдиної мінерально-сировинної бази України, що має промислове значення. Однак залишилася проблема реального її вмісту в базальтах та яким повинен бути мінімально промисловий її вміст у рудопроявах – потенційних родовищах?

Якщо за мінімально промисловий вміст міді у сульфідних рудах прийняти 1,5%, тоді з урахуванням відсутності витрат на первину гірничо-металургійну переробку, середній вміст міді у родовищах самородної міді Волині повинен складати більше 0,98%, а якщо 2,5%, то 1,6% відповідно. Чи характеризуються рудні поклади та рудні тіла найбільш вивченого рудопрояву Жиричі таким середнім вмістом міді? Скоріше ні, чим так. Вирішати цю дилему можуть допомогти тільки мінералогічні дослідження та технології. Для цього в оптимальних місцях мідних покладів необхідно пробурияти три параметрично-оцінювальні свердловини з повним відбором керну. Після цього половину керну рудних тіл поінтервально роздрібнити до фракції більше 1 мм і за допомогою електромагнітної сепарації виділити мідний концентрат і ваговим методом визначити вміст самородної міді.

За даними мінералогічних досліджень минулих років фракція самородної міді в базальтах розміром більше 1 мм складає 50%, тому залишок рудних проб необхідно роздробити до розміру 0,3 мм і також визначити ваговий вміст міді після електромагнітної сепарації. Таким чином можна визначити реальний, технологічно доступний, вміст самородної міді в базальтах. Вміст міді у залишках рудних проб після подрібнення до фракції порошку можна оцінити традиційними атомно-абсорбційним, хімічним і пробірно-спектральним методами та визначити економічну доцільність її вилучення за допомогою наявних технологій.

Тантал і ніобій. У Східному Приазов'ї КП «Південукргеологія» попередньо розвідане Мазурівське родовище – середнє за масштабом запасів танталу і ніобію й сприятливими гірничо-технічними умовами розробки. Недостатньо вивченими залишилися технологічні та гірничо-металургійні аспекти переробки тантал-ніобійових руд. Тому, після включення Донецького хіміко-металургійного заводу як самостійного цеху в структуру Маріупольського металургійного комбінату (ММК), ДРГП «Донецькгеологія» за кошти ММК виконало цільове геологічне вивчення відвалів Донецького хіміко-металургійного заводу як техногенного родовища.

За допомогою буріння свердловин діаметром 127-151 мм з повним відбором керну був розвіданий та вивчений повний розріз відвалу і проведені комплексні мінералогічні та хіміко-аналітичні дослідження. На підставі отриманих

результатів в якості корисних копалин були обґрунтовані запаси польовошпатової та каолінітової фракцій і обсяги тантал-ніобійової жорстви. Після затвердження всіх запасів протоколом ДКЗ України і оформлення Маріупольським металургійним комбінатом спецдозволу на використання відвалу Донецького хіміко-металургійного заводу як техногенного родовища, розпочалася розробка і селективне мінералогічне збагачення каолінітової та польовошпатової фракцій і тантал-ніобійової жорстви.

При цьому, в умовах відсутності первинного гірничо-металургійного виробництва металічного танталу і ніобію, готуючи нову партію сталі на американський ринок, вирішали діяти за принципом «кашу маслом не пошкодиш» і просто добавили тантал-ніобійову жорстку в розплав сталі. Якість сталі після виплавки значно покращилася. Однак проведення комплексних досліджень і випробувань ММК довірив спеціалізованим американським фірмам, за результатами яких покупець збільшив закупівельну ціну сталі в два рази.

Наведені приклади беззаперечно підтверджують актуальність та економічну ефективність мінералогічних досліджень і технологій з метою відновлення стійкості галузі геології та надр України і сталого розвитку геологічної науки та практики.