

УДК 550.84

**МОЖЛИВОСТІ АНАЛІТИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
ГЕОЛОГОРОЗВІДУВАЛЬНИХ РОБІТ
В АКЦІОНЕРНІЙ КОМПАНІЇ “АЛРОСА”**

В. Роговий, А. Іванов, В. Корнілова, Д. Будаєв

*АК “АЛРОСА” (ЗАО), Ботубінська ГРЕ,
м. Мирний, Республіка Саха (Якутія)*

Висвітлено можливості виробничого аналітичного забезпечення геологорозвдувальних робіт у Центральній аналітичній лабораторії Ботубінської ГРЕ (АК “АЛРОСА”). Головними спеціалізованими лабораторіями є мінералогічна, електронно-зондового та рентгенофлуоресцентного аналізу. Описано завдання, що вирішують, та можливості вивчення мінералів і гірських порід за допомогою сучасного аналітичного обладнання – мікроаналізатора Superprobe JXA-8800R і рентгенофлуоресцентного спектрометра S4-Explorer.

Ключові слова: лабораторія, технічне оснащення, мінерал, електронно-зондовий аналіз, рентгенофлуоресцентний аналіз, АК “АЛРОСА”.

Центральна аналітична лабораторія (ЦАЛ) створена в структурі Якутського науково-дослідного геологічного підприємства Центрального науково-дослідного геологорозвдувального інституту 1994 р. на підставі рішення розширеної експертної Ради Акціонерної компанії “Алмази Росії–Саха” (“АЛРОСА”). З 1996 р. ЦАЛ є структурним підрозділом Ботубінської геологорозвдувальної експедиції.

Цільове призначення лабораторії – забезпечення аналітичними даними підприємств геологорозвдувального і гірничодобувного комплексу АК “АЛРОСА”. Його реалізують шляхом вирішення таких завдань:

- впровадження сучасного лабораторного обладнання й методик дослідження речовинного складу гірських порід і мінералів;
- удосконалення традиційних методів (насамперед, шліхо-мінералогічного) аналізу геологічних проб шляхом впровадження у виробництво лабораторних робіт комп’ютерних технологій;
- оцінки перспектив опозукуваних площ і ділянок на виявлення невідомих корінних джерел алмазів і розробки рекомендацій стосовно подальших напрямів розшуків на підставі одержаних аналітичних даних;
- виконання виробничо-методичних розробок, спрямованих на підвищення інформативності і продуктивності лабораторних досліджень.

У рамках поетапного виконання Програми технічного переозброєння геологорозвдувального комплексу АК “АЛРОСА” протягом 1999–2001 рр. відбувалося інтенсивне оснащення лабораторії сучасним високотехнологічним устаткуванням і приладами, впровадження у виробництво лабораторних робіт сучасних методик дослідження речовинного складу порід і мінералів. Нині основою лабораторного комплексу, яка дала змогу вивести дослідження геологічних об’єктів на якісно

новий рівень, є унікальні аналітичні прилади: рентгеноспектральний мікроаналізатор Superprobe JXA-8800R японської фірми "Jeol" і рентгенофлуоресцентний аналізатор S-4 EXPLORER німецької фірми "Bruker".

ЦАЛ складається з шести спеціалізованих лабораторій, контрольно-диспетчерської дільниці і цеху пробопідготовки. Найбільше проб надходить на дослідження з підрозділів Ботуобінської ГРЕ. Крім того, значну кількість аналізів ЦАЛ виконує на замовлення Амакінської експедиції, ЯНДГП ЦНДГРІ, інституту "Якутніпроалмаз", Нюрбинського ГЗК, ОАО "АЛРОСА-Нюрба", підприємства "Алроса-Поморье".

Головними спеціалізованими лабораторіями у структурі ЦАЛ є мінералогічна, рентгеноспектральна та лабораторія рентгенофлуоресцентного аналізу. Всі робочі місця в лабораторіях оснащені комп'ютерною технікою відомої фірми "Hewlett Packard" і приєднані до локальної мережі, що дає змогу повністю автоматизувати процес обліку і руху аналітичних проб, оперативно опрацьовувати результати аналізів.

Мінералогічна лабораторія (рис. 1) виконує такі види досліджень:

- фракціонування і мінералогічний аналіз важкої фракції розшукових шліхів з діагностикою і повним фізіографічним описом кімберлітових мінералів за схемою інформаційного масиву;
- фракціонування і повний кількісний мінералогічний аналіз важкої фракції шліхових і протолочних проб;
- складання скорочених і повних висновків для виробничих звітів;
- детальне порівняльне вивчення монофракцій кімберлітових мінералів, їхнє розбраковування для наступного хімічного аналізу на електронному зонді.



Рис. 1. Робоче місце мінералога.

Лабораторія оснащена поляризаційними мікроскопами серії ПОЛАМ, стереомікроскопами Leica MZ-12,5 і M-10, NIKON SMZ-10, вагами лабораторними "Mettler-Toledo" – CB1503\A (320 г\10 мг), PB602-5\A (610 г\10 мг), PB 303-5\A (310\1 мг).

У лабораторії функціонує комп'ютерна мінералогічна база даних у системі Access (спільна розробка фахівців ЦАЛ і Геологічного інформаційно-комп'ютерного центру (ГІКЦ) Ботуобінської експедиції). Усі результати мінералогічного

аналізу шліхів вводять у комп'ютер у форматі звичного інформаційного масиву. База дає змогу виводити масиви на друк чи передавати результати замовнику в електронному вигляді. У разі введення в базу координат точок відбирання проб результати перегляду можна відразу вивести на електронні топо-мінералогічні карти у звичних умовних позначках за допомогою ГІС-програми Arc-View.

Результати перегляду шліхових проб і опису мінералів-індикаторів кімберлітів оперативно передають замовникам і використовують під час коректування геолого-розшукових робіт експедицій. Особливо це виявилось під час відшукування кімберлітової жили "Южная" в Малоботуобінському алмазонасному районі. Саме результати мінералогічного опису кімберлітових мінералів послугували першим сигналом про наявність у межах ділянки Західна (Мирнинське кімберлітове поле) невідомого корінного джерела. Для обґрунтування прогнозу перспектив однієї з ділянок на виявлення нового корінного джерела мінералоги ЦАЛ, працюючи в тісному контакті з фахівцями-геологами Ботуобінської ГРЕ, виконали значну кількість мінералогічних аналізів легкої і важкої фракцій розшукових проб і концентратів збагачення. Виконаний у стислий термін рентгеноспектральний мікроаналіз зерен кімберлітових мінералів і мікроуламків гірських порід різного генезису дав фахівцям експедиції змогу припустити множинність корінних джерел, що живили шліхові ореоли ділянки.

Загалом за 2003 р. мінералогічна лабораторія виконала 14 090 мінералогічних аналізів шліхових проб з розшукових ділянок. Зазначимо про збільшення кількості необхідних мінералогічних аналізів, що пов'язано зі збільшенням АК "АЛРОСА" обсягів геолого-розшукових робіт у різних регіонах.

Лабораторія рентгеноспектрального аналізу виконує такі види досліджень:

- 1) кількісне визначення в мінералах головних породотворних оксидів (SiO_2 , TiO_2 , Al_2O_3 , Cr_2O_3 , FeO , MnO , MgO , CaO , Na_2O , K_2O , NiO , ZnO) та домішкових елементів;
- 2) визначення співвідношень мінеральних фаз у зернах мінералів (режим "COMPO") (рис. 2);
- 3) топографія поверхні зерен мінералів (режим "TOPO") (рис. 3);
- 4) дослідження мікрорельєфу поверхні зерен (режим "SEI") (рис. 4);
- 5) дослідження розподілу хімічних елементів у їхніх рентгенівських імпульсах (X-RAY) по площі зерен мінералів (режим "MAP") і визначених лінійних напрямках (режим "LINE") (див. рис. 2);
- 6) якісне і напівкількісне визначення хімічних елементів від В до U;
- 7) цифрове фотографування досліджуваних об'єктів;
- 8) статистичне опрацювання отриманих результатів методами кластерного і факторного аналізів.

Лабораторія оснащена (рис. 5):

- п'ятиканальним хвильовим мікроаналізатором Superprobe JXA-8800R японської фірми "JEOL" з рентгеноспектральною приставкою LINK-ISIS 300 фірми "Oxford" (Англія);
- вакуумним постом JEE-400 фірми "JEOL" для напилювання зразків провідною вуглецевою плівкою;
- замкнутим охолоджувальним контуром SMD 58050;
- перетворювачами і стабілізаторами напруги SVC;
- генератором рідкого азоту LNS-1 фірми "Iwatani".

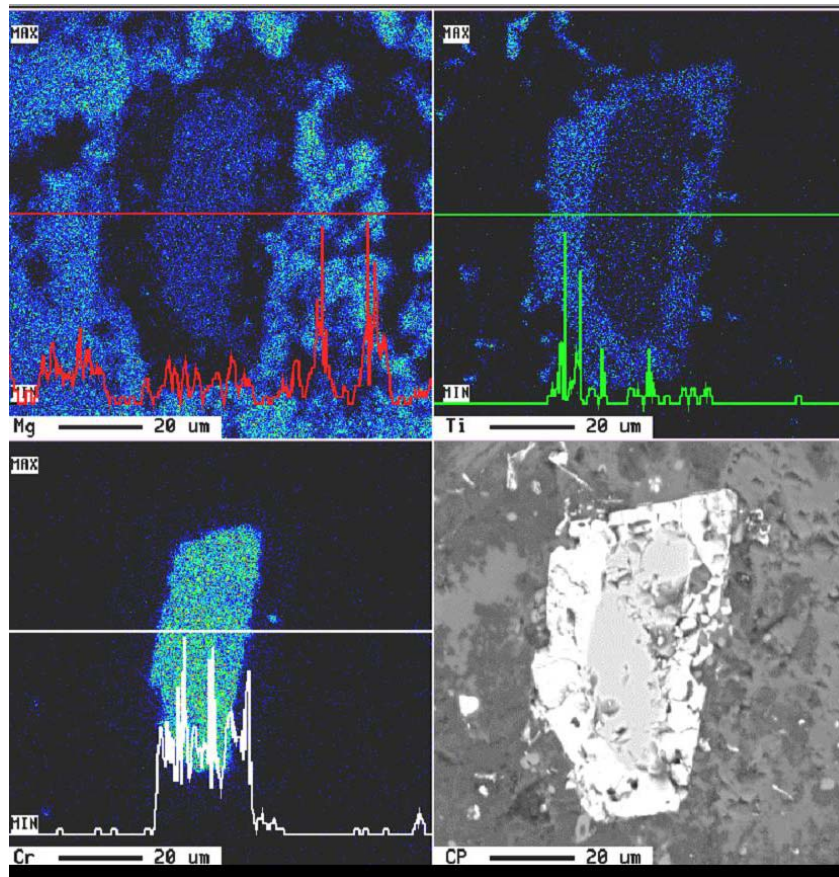


Рис. 2. Хроміт в ільменітовій облямівці, режими MAP, LINE, X-RAY, COMPO.

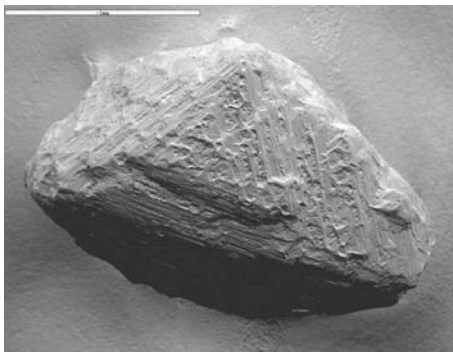


Рис. 3. Фотографія кристала алмазу в енергіях відбитих електронів з контрастом за топографією, режим TOPO.

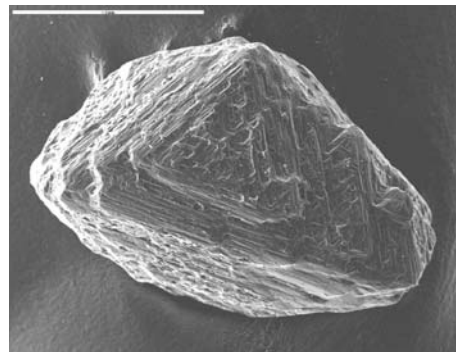


Рис. 4. Фотографія кристала алмазу в енергіях вторинних електронів з виявом мікроструктур поверхні, режим SEI.



Рис. 5. Рентгеноспектральний мікроаналізатор Superprobe JXA-8800R виробництва компанії "JEOL" (Японія).

З використанням можливостей приладу можна виконувати інструментальне діагностування первинних магматогенних поверхонь, які в разі візуального визначення під бінокляром є спірними. Наприклад, удалося виявити первинно-магматогенні реакційні облямівки на зернах пікроільменіту з ореолів, сполучених з кімберлітовими тілами Накінського поля, в яких пікроільменіту нема (роботи Ботуобінської ГРЕ), в ореолах Соколоозерської площі (Карелія, роботи Амакінської ГРЕ), Товської площі (Архангельська алмазонасна провінція, роботи підприємства "АЛРОСА-Помор'є"), вивчити шипоподібні й ребристі поверхні зерен пікроільменіту з ореолів об'єкта "Розломний" (Ботуобінська ГРЕ) (рис. 6).

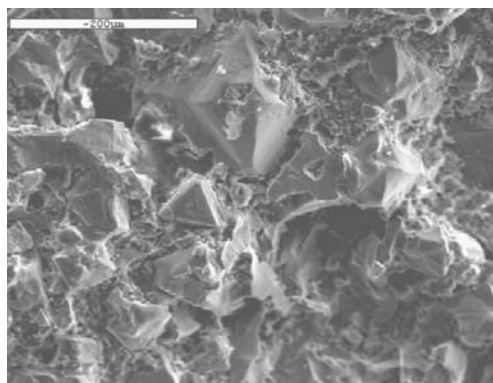


Рис. 6. Шипоподібна поверхня зерна пікроільменіту. Ботуобінська ГРЕ, об'єкт "Розломний".

Віднедавна в лабораторії відпрацьовують методику вивчення мікроуламків порід, які виявляють у шліхових пробах. Під час дослідження порід на мікрозонді в режимі фазового контрасту можна не лише визначати склад мінералів досліджуваних мікроуламків, а й досліджувати зональну будову мінералів та структурні особливості порід, приблизно підрахувати компоненти породи, оскільки мінерали однакового складу зафарбовуються в однаковий колір. Працівники лабораторії вивчили кілька сотень мікроуламків як із кори звітрювання відомих кімберлітів, так і з розшукових проб. Результати досліджень використали геологи під час опитування низки перспективних ділянок робіт Ботуобінської експедиції в Малоботуобінському районі та підприємства “АЛРОСА-Поморье” в Архангельській алмазонасній субпровінції (Товська площа). У деяких випадках аналіз складу мікроуламків дав змогу спрогнозувати алмазонасність об’єкта розшуків та ідентифікувати його належність до відомих кушів або серій кімберлітопроявів.

Крім того, на мікроаналізаторі виконали роботи з вивчення речовинного складу мінералів для окремих університетів і академічних інститутів Росії. Наприклад, для МДУ вивчили склад везувіанів, за заявкою Інституту геології алмазів і благородних металів СВ РАН вивчили золото й мінеральний склад золотомісних порід, а також унікального метеорита “Ундюлюнг” (рис. 7). Разом зі співробітниками інституту “Якутнийпроалмаз” вивчено склад кімберлітових порід і мінеральних включень в алмазах.

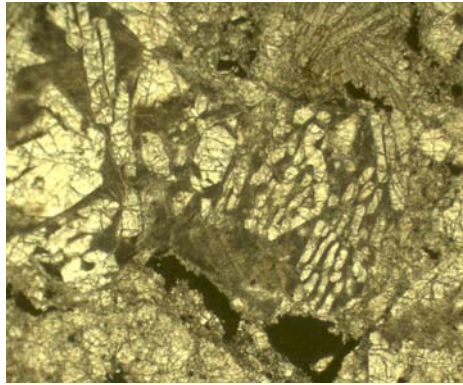


Рис. 7. Структура розпаду олівін–піроксен у метеориті “Ундюлюнг”.

Для підвищення продуктивності аналізатора і зменшення механічного зношення хвильових спектрометрів фахівці лабораторії розробили і випробували спосіб синхронного визначення складу мінералів хвильовими й енергодисперсійним спектрометрами з використанням методу побудови калібрувальних кривих. Упровадження спеціальної комп’ютерної програми дало змогу перейти на автоматичний режим синхронної роботи аналізаторів. Протягом року лабораторія виконує до 40 000 повних мікрозондових аналізів мінералів, у великих обсягах досліджує особливості речовинного складу гірських порід і мінералів у режимі електронного мікроскопа.

Лабораторія рентгенофлуоресцентного аналізу (РФА) виконує сьогодні масовий напівкількісний геохімічний аналіз зразків гірських порід на 24 хімічні елементи: Si, Ti, Fe (загальне), Ca, Mn, P, Sc, V, Cr, Ni, Co, Cu, Zn, Sr, Nb, Mo, Ba, La, Ce, Pb, Zr, U, Th, Nd.

Успішно розроблені й передані в дослідно-промислову експлуатацію методики кількісного хімічного аналізу гірських порід на такі групи елементів: породотворні й перехідні (елементи групи заліза): Ca, Fe, Ti, V, Cr, Co, Mn, Ni, Zn; рідкісні: Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Mo; рудні: Ba, Pb, Th, U; рідкісні землі: La, Ce, Nd.

Межі виявлення всіх перелічених елементів нижче, ніж їхні кларкові вмісти (див. таблицю).

Значення межі виявлення і кларків аналізованих елементів, г/т

Елемент	Межа виявлення	Кларк	Елемент	Межа виявлення	Кларк
Ti	6	4500	Y	0,6	29
V	1	90	Zr	0,5	170
Ba	12	650	Nb	1,4	20
La	5	29	Ni	2	58
Ce	7	70	Zn	2	83
Nd	9	37	Pb	1	16
Rb	0,8	150	Th	1	13
Sr	0,7	340	U	1	2,5

У розпорядженні фахівців лабораторії є послідовний рентгенофлуоресцентний спектрометр S4 EXPLORER (фірма "Bruker analytical X-RAY system", Німеччина) (рис. 8); дисковий вібротлин і прес (40 т) для виготовлення пресованих випромінювачів (фірма "HERZOG").

Технічні характеристики й можливості спектрометра доцільно розділити на дві категорії: зумовлені загальною конструктивною схемою та зумовлені особливостями конструкції конкретного устаткування.



Рис. 8. Рентгенофлуоресцентний аналізатор S4-Explorer німецької фірми "Bruker analytical X-RAY system"

До першої групи належать можливість аналізу широкого спектра матеріалів (тверді речовини у вигляді пресованих таблеток, литих дисків, порошоків, рідини); широкий діапазон вимірюваних елементів – від В (№ 4) до U (№ 92); висока від-

творюваність характеристик аналізу та їхня стійкість протягом тривалого часу (місяць і більше).

Ця серія приладів порівняно з аналогічним устаткуванням, що його випускали раніше, має низку додаткових переваг, зокрема: компактність; використання принципово нових синтетичних кристалів-аналізаторів, які суттєво поліпшують характеристики аналізу легких і середніх елементів; відмова від використання зовнішнього охолоджувального контуру, що полегшує монтаж і експлуатацію приладу; застосування лічильників рентгенівського випромінювання, які не використовують зовнішнє джерело інертного газу; наявність накопичувача на велику кількість проб (60), що дає змогу виконувати вимірювання в автоматичному режимі.

У найближчій перспективі в планах лабораторії перехід на інший різновид пробопідготовки – виготовлення сплавних дисків, що дасть змогу одержувати випромінювачі з одноріднішими гранулометричними характеристиками і з ліпшою якістю відбивної поверхні, ніж у пресованих таблеток.

Ще однією виробничою нішею для наявного устаткування може стати аналіз стічних, питних вод і пально-мастильних матеріалів (ПММ). Характеристики вимірювальної системи спектрометра дають змогу визначати наднизькі концентрації елементів з малими атомними масами, таких як фтор, азот, хлор, сірка (межі виявлення – до 50 г/т), що є головними агентами корозії в оліях і змащеннях. Аналіз важких елементів-присадок у ПММ (Pb, Mo та ін.) – традиційне завдання для РФА (межа виявлення цих елементів – до 1 г/т).

Усього за період експлуатації приладу проаналізовано понад 15 000 проб гірських порід різного складу й генезису. Постійно відбирали й вимірювали контрольні проби у кількості, що відповідає вимогам ГОСТ 41-08-214-82 “Руководство качественной аналитической работы”. Для всіх типів порід отримані результати контролю відповідають вимогам третьої категорії класифікації, тобто кількісному аналізу з рядовою точністю.

Крім інтенсивного розвитку точних інструментальних методів дослідження речовинного складу гірських порід і мінералів, у ЦАЛ виконано повну комп'ютеризацію лабораторних досліджень, організовано локальну комп'ютерну мережу, ведуть роботи зі створення банків різної аналітичної інформації і лабораторних аналізів. Запущено і триває успішна експлуатація оптичної системи опрацювання й кількісного аналізу відеозображень на базі мікроскопа фірми “LEICA” (Німеччина) (рис. 9). Система дає змогу робити цифрове відеознімання будь-яких досліджуваних під мікроскопом (бінокуляром) об'єктів з автоматичним фокусуванням зображення. Відеокамера “Leica DC-300” має роздільну здатність 7,2 мегапікселів. Потужне комп'ютерне забезпечення і програмний пакет “Qwin Standart” дають змогу зчитувати, обчислювати і коректувати зображення за багатьма параметрами, архівувати його в стандартних форматах.

Програмою подальшого розвитку лабораторії до кінця 2004 р. передбачене постачання і впровадження нового оптичного спектрометра з індуктивно зв'язаною плазмою “IRIS INTREPID II DUO” фірми “Thermo Electron” (США), що дасть змогу аналізувати з високою точністю (мікродомішки) будь-які водні проби й гірські породи, переведені в розчин за спеціальною технологією з застосуванням мікрохвильової системи “Марс-5”.

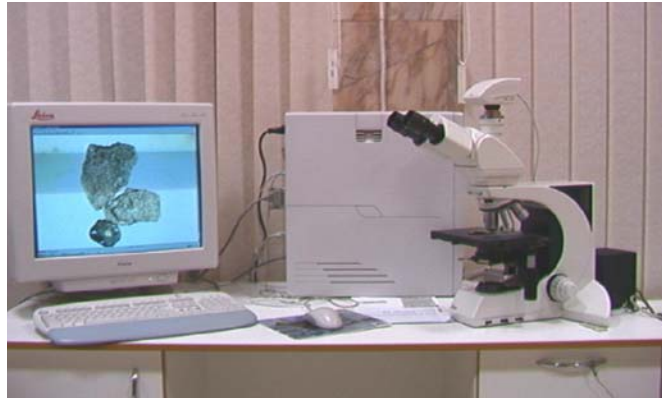


Рис. 9. Цифровий відеокomплекс для обробки і кількісного аналізу зображень.

Загалом сьогоднішній інтелектуальний і технічний потенціал Центральної аналітичної лабораторії Ботуобинської ГРЕ спроможний забезпечити геологорозвідувальні й гірничодобувні підрозділи АК “АЛРОСА” всім необхідним комплексом лабораторних досліджень.

RESOURCES OF PROSPECTING WORKS ANALYTICAL PROVISION IN THE JOINT-STOCK COMPANY “ALROSA”

V. Rohovj, A. Ivanov, V. Kornilova, D. Budayev

*J-SC “ALROSA”, Botuobins’ka GPE,
Myrnyj, Saha-Yakytia, Russian Federation*

Resources of production analytical provision of prospecting works in the Central Analytical Laboratory of Botuobins’ka GPE (the Joint-Stock Company “ALROSA”) are described. The main specialized laboratories are mineralogical, X-ray-fluorescent analysis etc. The soluble tasks both opportunities of study of minerals and rocks with the help of the modern analytical equipment – microanalyzer JXA-8800R and X-ray-fluorescent spectrometer S4-Explorer are described.

Key words: laboratory, equipment, mineral, X-ray-fluorescent analysis, J-SC “ALROSA”.

Стаття надійшла до редколегії 26.07.2004

Прийнята до друку 15.11.2004