

УДК 549:550.8

**МАЙБУТНЄ МІНЕРАЛОГІЇ – У ЇЇ ПРИКЛАДНОМУ ЗНАЧЕННІ
Ч. 2. ПРОБЛЕМИ ТЕХНОЛОГІЧНОГО, ЕКОНОМО-ЕКОЛОГІЧНОГО
ТА СИСТЕМНО-МОДЕЛЬНОГО СПРЯМУВАННЯ**

Б. Пирогов

*Московський державний геологорозвідувальний університет
117873 Росія, м. Москва, вул. Міклухо-Маклая, 23*

Проаналізовано проблеми сучасної прикладної мінералогії технологічного, економіко-екологічного, техногенного, системно-модельного і кадрового спрямування.

Ключові слова: прикладна мінералогія, технологічні властивості мінералів, еколого-економічні комплекси, моделювання.

Напрямок четвертий. Під час вивчення природи технологічних властивостей мінералів [3, 8, 9, 13, 14, 17 та ін.] доцільно враховувати характер швидкоплинних процесів, зумовлених продуктивністю апаратів, які інтенсивно руйнують природну інформаційну структуру мінералу і повільно передають її новим продуктам процесів у більш-менш збереженому вигляді. Ці властивості (магнітні, електричні, поверхневі та ін.) є функцією конституції й генезису мінералів, у тім числі й техногенезу. “Життя” мінералів, розпочате в родовищі, триває в технологічних апаратах, відображаючи їхню двояку природу на різних рівнях мінералогічної “пам’яті” – морфологічному, ізотопному, молекулярному, структурному, магнітному тощо. Щоб урахувати особливості зміни властивостей мінералу в динаміці, у тім числі й спрямовані на підвищення ступеня їхньої контрастності у технологічному режимі, потрібно мати на увазі, що вони формуються на різних дискретних рівнях (макро-, мікро-, нанорівні) і виявляються в широкому гранулометричному спектрі як на стадії рудопідготовки, так і в різних вузлах схеми збагачення. У разі тонкого здрібнювання (< 44 мкм) природні властивості суттєво можуть змінюватися аж до появи новоутворених фаз, явищ аморфізації, поліморфізму, псевдоморфоз мінералів. Нерідко значно перетворюються властивості поверхні: величина і характер заряду, адсорбція і десорбція груп елементів певними кристалографічними перерізами часток. Зі зміною розмірів часток рудних і нерудних мінералів, їхніх структурно-морфологічних особливостей, поряд з об’ємними перетвореннями, суттєвим стає внесок поверхневої складової [2].

Сьогодні головні методи спрямованої зміни властивостей мінералів пов’язані з “регенерацією” або “заліковуванням” дефектів кристалічних ґраток на поверхні або в об’ємі часток. До них належать: механічні (особливі режими і прийоми здрібнювання), акустичні (ультразвукова обробка), термічні (нагрівання і наступне швидке чи повільне охолодження), активація властивостей поверхні (блокування поверхневих центрів у фізичних полях простими молекулами газової складової; зміна співвідношення електронних і діркових центрів різними методами зсуву адсорбційно-

десорбційної рівноваги, що змінює умови сепарації часток унаслідок як поверхневих, так і об'ємних змін); хімічні зміни (протравляння, обробка реагентами, які "легуєть" поверхню домішковими іонами), радіаційні (опромінення рентгенівськими і γ -променями, потоками швидких часток) тощо. У такий спосіб на підставі розуміння природи технологічних властивостей мінералів з'являється можливість керувати процесами збагачення корисних копалин у системі мінеральний індивід (агрегат) природної гранулометрії–мінеральна частка (агрегат) технологічного гранулометричного спектра–середовище природного і технологічного процесів.

Усе це відбувається на тлі природних і техногенних мінеральних асоціацій, у яких будь-який мінерал може вплинути на зміну контрастності технологічних властивостей здрібнених часток і ефективність процесів сепарації. Перетворення мінералів починається і закінчується під впливом навантажень (у природі – тектонічних, у подрібнювальних апаратах – механічних), які зумовлюють диспергування і наступне формування технологічного, знову утвореного агрегатного стану речовини (флокули та ін.). По деформованих ділянках, особливо вздовж зон крихкого розриву, інтенсивніше відбуваються розкладання, окиснення та інші види фізико-хімічних перетворень мінерал–середовище. Це дає змогу в разі спрямованої зміни властивостей мінералів впливати як на сам мінерал, так і на середовище, чим забезпечений достатній рівень сепарації поділюваних часток. За допомогою філо- й онтогенічного підходів у комплексі з різноманітними фізико-хімічними методами аналізу й тонкою мікрофотографією важливо виразити тілесно мінливість та еволюцію технологічних властивостей індивідів і агрегатів мінералів, їхніх зрощень. Потрібно мати на увазі, що особливе місце в утворенні руд належить завершальним етапам, інформація про які "заморожується" фрагментарно в морфолого-структурних кількісних параметрах (насамперед, у зрощеннях мінералів, які дають змогу оцінювати ефективність їхнього розкриття в разі здрібнювання й мінливості властивостей). Саме такий підхід забезпечує вибір оптимальних умов розкриття зерен корисного компонента й оптимізацію в цілому технологічного процесу, визначення контрастності і мінливості властивостей мінералів. Важливо брати до уваги типоморфні (у тому числі технологічні) ознаки і властивості мінералів, які визначають мінералого-технологічні особливості типів і сортів руд, – глибину, комплексність, екологічність їхньої переробки, характеристику економічних показників [6 та ін.]. Для мінералів, які є цінними монокристалами, фізичними тілами (кварц, кальцит, слюди, азбест, алмаз, каменесамоцвітна сировина), онтогенія стала фундаментом раціональної технології видобутку, збагачення й облагороджування. Зокрема, сортування індивідів кварцу за формою кристалів, рисунком гранних скульптур дає змогу відбирати монокристали кварцу для одержання цитринового забарвлення після опромінення. Різко підвищило якість і економіку п'єзовиробів "онтогенічне" розпилювання кристалів ісландського шпату за методом А.В. Скропишева.

Напрямок п'ятий. Сьогодні розробляють і широко впроваджують у практику економо-екологічні комплексні технології одержання нових нетрадиційних видів мінеральної сировини [5 та ін.]. К.В. Гаранін (2002) уперше в Архангельській алмазонській провінції (ААП) виділив новий потенційний промислово-генетичний тип родовищ високомагнезійних глин, який асоціює з проявами лужно-ультраосновного магматизму на території Зимового Берега. Учений з'ясував, що гідротермальні зміни порід приводять до переважного розвитку мінералів групи серпентину, а

гіпергенні – глинистих мінералів з переважанням сапоніту (розвиткові сапоніту сприяло підвищення активності Al у мінералотворному середовищі). На підставі детального аналізу процесів серпентинізації та сепіолітизації у товщах порід різних тіл виявлено їхній зв'язок із зональністю на родовищах і генетичною природою мінералів. Виділено три різновиди сапоніту: натрієвий, кальцій-натрієвий та залізо-кальцієвий. Поглиблена оцінка ролі сапоніту в лужно-ультраосновних породах провінції пов'язана з дефіцитом магнезійних глин не лише в Росії, але й у інших країнах світу. Постійно зростають потреби цієї сировини в різних галузях господарства (виробництво залізрудних котунів, сорбенти, будматеріали, високотемпературна кераміка, кормові домішки тощо). Правильний висновок і про можливість використання глин як техногенних родовищ, що дасть змогу поліпшити екологію регіону. Економічні розрахунки засвідчують, що середня вартість 1 карата алмазу в ААП не перевищує 100 дол. США, а ринкова вартість 1 т сапоніту становить близько 200 дол. США. Технологічні властивості оцінено на підставі порівняння з відомими сапонітами каліфорнійського родовища Балларат, і вони виявилися дуже високими.

Запропоновано і випробувано комплексну методику експрес-аналізу ідентифікації вторинних змін порід ААП, яка охоплює оптичні методи дослідження (мікроскопія, ІЧС) і рентгенофазовий аналіз.

Нетрадиційні види корисних копалин – цеоліти, діатоміти, горючі сланці, глауконіти, калійні солі – суттєво доповнюють, наприклад, мінерально-сировинну базу Нижнього Поволжя. Безсумнівна тут актуальність проблеми традиційних мінералого-петрографічних досліджень з вивченням наноструктури, мінерального складу тонкодисперсних порід прецизійними методами, що сприяє не тільки науковому прогнозуванню корисних копалин, а й націлює на освоєння нових екологічно чистих технологій їхньої переробки.

І.Ф. Вольфсон (2004) з'ясував природу біологічної активності кременів окремих регіонів Росії і Білорусі, проаналізував фактори кремененакопичення і кременеутворення, сформулював розшуково-оцінні критерії скупчень кременів. Доведено, що стрептоміцети, виділені на їхній речовині, можна використовувати у виробництві антибіотиків, а продукти життєдіяльності актиноміцетів – для підвищення ефективності роботи біотехнологічних систем вилуговування силікатів. Отримані результати використано під час складання геолого-прогновної карти масштабу 1:1 500 000 структури Московської синеклізи, виконаної з використанням ГІС-технологій, з зазначенням місць скупчень біологічно активних кременів і ділянок, перспективних для їхнього виявлення.

Дуже цікаві мінералого-технологічні дослідження різних видів сировини з розробкою досить простих і економіко-екологічних технологій виконали криворізькі мінералоги В.Д. Євтехов та його учні: гранатів зі сланців Північного ГЗК – Л.М. Ковальчук, тальку зі сланців Ганнівського та Інгулецького родовищ – П.М. Харитонов, мусковіту з порід Ганнівського родовища – В.В. Стеценко та ін. Це сприяло вирішенню багатьох економічних проблем гірничо-збагачувальних комбінатів Кривбасу, поліпшенню екології басейну в цілому.

Напрямок шостий. Розробка і впровадження методів селективного виділення мінералів пов'язані з використанням нових систем рудопідготовки і збагачення корисних копалин. К.В. Гаранін (2003) уперше запропонував і обґрунтував елементи нової технології електроімпульсної дезинтеграції (ЕІД) для селективного розкриття лужно-

ультраосновних порід, у тім числі з метою забезпечення високого ступеня збереження алмазу та його мінералів-супутників під час їхнього вилучення та можливості вилучення мікрокристалів. За допомогою методу ЕІД виділено й вивчено мікроалмази з автолитої брекчії (яку вважали неалмазоносною) трубки ім. В. Гриба. Без сумніву, запропоновану технологію можна використовувати як окремий завершений цикл дезинтеграції порід і руд, а також як ланку в технологічному ланцюзі апаратів.

Розроблено нові технології вилучення тонкого золота на підставі нанотехнологій [1, 10 та ін.]. Зокрема, Б.А. Остащенко [10], на відміну від традиційного технологічного підходу, довів можливість створення поверхневого заряду в мінералах, що супроводжують золото у концентраті. Це послугувало основою для розробки способу термоелектричної сепарації золота. Експерименти засвідчили, що вилучення часток мінералу розміром 1–5 мкм з дрібних і тонких класів концентрату становить 99–100 %. Розроблено технологічну схему гравітаційного збагачення золота класу –200+40 мкм. Застосування методу “ізометризації” пластинчастого золота дало змогу підвищити його вилучення у концентрат на 25 %. Досліднику вдалося підвищити також якість лейкоксенового концентрату з 50–52 до 80–82 % TiO_2 без зміни основних режимів і устаткування завдяки зміні магнітної сприйнятливості мінералу під час ультразвукового опромінення.

Сьогодні мікромінералогія виділень порядку 100,0–0,1 мкм [1 та ін.] є новим високоефективним напрямом у вивченні, оцінці і збагаченні тонкодисперсних мінералого-геохімічних систем руд родовищ благородних, рідкісних та інших металів, промислово цінність яких становлять елементи з низькою концентрацією (0,000n–0,0n %). Методологія мікромінералогічного підходу під час вивчення руд золото-срібних родовищ (на прикладі золоторудних родовищ вулканогенних областей Чаткало-Кураїнського регіону Східного Узбекистану) дала змогу уточнити фізико-хімічні особливості їхнього утворення, елементи зональності, рівні ерозійного зрізу тощо, що значно підвищило ефективність мінералого-геохімічних методів розшуку прихованого золотого зруденіння [12 та ін.].

Завдяки наномінералогічним дослідженням з'ясовано [11] закономірності формування мінералів і мінеральних фаз у нетрадиційних родовищах (Чудне, Полярний Урал) рідкісноземельно-рідкіснометалево-золотого типу. Нові дані про особливості мінерального складу руд дають змогу вибирати найоптимальнішу методику для визначення в рудах вмісту благородних металів і на цій підставі розробляти раціональну технологію збагачення. Запропонована технологія автоклавного кислотного розкладання слюдяного концентрату хоч поки і дорога (вартісна), однак забезпечує стовідсоткове вилучення золота. Високий вміст Au в рудах подібного типу, представленого мікро- і нанофазами, просторово пов'язаних зі слюдами, безсумнівно, потребує розробки спеціальних технологій їхнього збагачення.

Завдяки експериментальним роботам Інституту геології Республіки Комі розроблено методику штучного облагороджування вихідних безбарвних пренітів із базальтів Північного Тиману [26]. Застосування розробленого способу (опромінення й відпалення) дає змогу підвищити вихід ювелірної сировини з 3–5 до 60 %, агату – до 70 %. Створено модель природного фарбування преніту, завдяки чому можна описувати все різноманіття колірної гами пренітів із різних родовищ і прогнозувати можливе облагороджування вихідної сировини.

Напря́м сьомий. Проблема мінералого-геохімічного вивчення й оцінки техно-

генних родовищ корисних копалин пов'язана з розробкою нових комплексних вирішень з утилізації відходів для одержання нових видів мінеральної сировини. Ще на зорі інтенсивної діяльності людини в біосфері В.І. Вернадський зазначав, що з розвитком промисловості внаслідок надходження в середовище технічних продуктів «они изменяют весь бег геохимических циклов... Мы видим первый раз в истории нашей планеты ... невероятное изменение Земного лика. С дальнейшим развитием цивилизации влияние этих процессов должно возрастать» [14].

О.С. Ферсман увів поняття техногенез і зазначав ще 1933 р., що господарська і промислова діяльність людини за масштабом і значенням стала порівнянною з процесами у самій природі; людина геохімічно перетворює світ [14]. За даними ЮНЕСКО, гірничодобувна галузь промисловості у світі в середньому в 1,6 раза швидша, ніж усі інші види індустрії.

Технологічна мінералогія з єдиних позицій дає змогу простежити весь хід змін мінеральної речовини літосфери в загальному кругообігу використання копалини у практичній діяльності людини, починаючи від генетичної передісторії мінералу й вилучення мінеральної речовини з літосфери через технологію обробки та переробки до нагромадження в літосфері відходів [18].

Л.К. Яхонтова і В.П. Зверева правильно зазначили [19], що захист середовища життя від наслідків діяльності людини набуває першорядного значення. У цьому разі особливе місце відводять вивченню техногенного мінералоутворення, оскільки воно безпосередньо пов'язане з охороною довкілля на території гірничопромислових комплексів.

Беззаперечним індикатором багатьох процесів, що завдають збиток не лише довкіллю (підвищена концентрація токсичних речовин у водах, засоленість ґрунтів, наявність у будівлях і конструкціях мінералізованих розчинів, інтенсивна корозія металів тощо), а й здоров'ю людей, які живуть у рудних районах, є техногенна мінералізація. Насамперед це стосується техногенезу оловорудних районів Далекого Сходу, мідно-колчеданових Уралу та ін. Для багатьох рудних районів важливими є проблеми міграції та мінеральних форм у ландшафті й водних екосистемах As, Bi, Se, Te, F, Cd, In, Tl, W, U, Th та інших елементів руд в умовах геотехногенезу (Юргенсон, 2002). У зоні кріомінералогенезу Удоканського родовища виявлено кріофільні бактерії.

Однак реальні масштаби біогеохімічних процесів, як правильно зазначив Г.А. Юргенсон, роль окремих видів і штамів мікрофлори у формуванні окиснених руд слабо вивчені. З огляду на важливість питання річні збори Всеросійського мінералогічного товариства у травні 2002 р. були присвячені ролі мінералогічних досліджень у вирішенні екологічних проблем (теорія, практика, перспективи розвитку). Обговорено багато проблем екологічної мінералогії різних видів мінеральної сировини. Кругообіг кристалічної речовини простежено в еволюції мінерального світу на різних дискретних рівнях. У рудних системах (Новгородова, 1998) зафіксовано значну роль кластерів і наночастинок розміром до 1000 нм. Відкрито нові нетрадиційні велетенські кластери золота і платиноїдів, олова та інших металів (Патык-Кара, 1997; Новгородова, 1998; Конеев, 1999). Тому А.Х. Туресебеков, Р.І. Конеев зі співавт. (1999) наголосили на необхідності враховувати таку ієрархічну систематику дискретного стану речовини в рудних і техногенних системах за ступенем зменшення розмірності зерен кристалічних утворень: мінерал – мікромінерал – квазі-кристали – фулерени – аморфна речовина – колоїди – наночастинок – кластери.

Такі уявлення дають змогу по-новому підійти до мінералого-технологічної оцінки комплексних руд і виявлення найближчим часом нових типів родовищ з нетрадиційними умовами утворення, а це потребує застосування нестандартних методик їхньої оцінки, технології видобутку і збагачення.

Наш досвід вивчення різних генетичних типів залізних, манганових, а також мідно-молібденових руд порфірового типу свідчить про те, що за допомогою методів технологічної мінералогії з використанням онтогенічного підходу і тонкого технологічного експерименту [4], сучасних фізико-хімічних методів аналізу можна дати всебічну мінералого-технологічно-екологічну оцінку комплексності руд. Виявлена під час геолого-технологічного контролю мінливість речовинного складу типів і сортів руд на тлі визначеної мінералого-геохімічної зональності рудних тіл (товщ) відображає особливості геохімічної спеціалізації, фазовий склад мінеральних асоціацій мікропарагенезисів головних рудних і нерудних мінералів, їхню кристаломорфологію, гранулометрію, а в кінцевому підсумку – особливості технологічних схем, якісних показників збагачення.

З відходами виробництва пов'язані надзвичайно різноманітні техногенні родовища корисних копалин, які є найважливішими новими видами мінеральної сировини. Вище уже зазначено про значимість сапонітових глин у зоні гіпергенезу алмазонасних порід ААП. Паралельно з оцінкою цих глин зіставляли сапоніти (за зміною питомої поверхні і пористості повітряно-сухих і активованих зразків), вилучені шляхом відмулювання зі здрібненої руди та мулів зі ставків-відстійників (віком два–три роки) збагачувальної фабрики, на якій проводили дослідне збагачення різних трубок (переважно Золотицького рудного поля) (Гаранин, 2003). З порівняння з відомими природними адсорбентами впливає, що архангельські мули не уступають, а в деяких випадках навіть перевищують за адсорбцією застосовувані матеріали. Намічено шляхи оптимальної утилізації відходів за екологічно безпечними технологіями і використання сапоніту для одержання різноманітного асортименту промислових матеріалів.

Відходи також використовують для закладки виробленого простору під час підземної розробки алмазних родовищ. Це важливо для освоєння гірничорудного району родовища ім. М.В. Ломоносова з ухилом складними інженерно-геологічними умовами і розташуванням у межах природоохоронної зони. Повнота і комплексність використання сировини на сучасному гірничо-збагачувальному комбінаті з погіршенням якості руд, які видобувають (поглиблення кар'єрів, залучення в експлуатацію позабалансових руд та ін.), сьогодні набувають особливої гостроти, насамперед щодо необхідності створення мало- і безвідходних технологій.

Найважливішою і найскладнішою проблемою є утилізація розкривних порід і відходів гірничо-збагачувального комбінату з урахуванням охорони довкілля. Комплексне геолого-мінералогічне і технологічне вивчення розкривних порід (базальтів і діабазів, гранітоїдів, безрудних скарнів і карбонатних порід, гелефлінтів і плагіопорфірів, різних за складом сланців, пісків, вапняків тощо) засвідчило, що значну їхню частину можна використовувати як будівельні матеріали і технологічну сировину різного призначення. Одержання додаткової кількості концентрату з некондиційних руд у багатьох випадках вигідніше, ніж випуск такої ж кількості концентрату внаслідок розвідки й освоєння нового родовища. Економічна складова у вирішенні різних питань заданої проблеми в багатьох випадках є визначальною.

Напрямок восьмий. На підставі геолого-технологічної моделі, про що чітко свід-

чать наші дослідження [15, 16 та ін.] баделеїт-апатит-магнетитових руд Ковдору, можна керувати технологією процесу збагачення з обліком раціонального і комплексного використання корисних копалин. Модель будують на підставі системи ретроспективного комплексного мінералогічного дослідження й експериментальних технологічних даних. У її основі є такі принципи:

усі мінерали – продукт єдиних, взаємозалежних процесів, тому вивчати їх потрібно комплексно, з обліком головних мінеральних асоціацій;

зміни у фізико-хімічному стані системи фіксують і вивчають на різних рівнях: родовище (зональність) – руда (рудне тіло) – мінерал (агрегат–індивід);

просторовий розподіл парагенетических асоціацій, контрольованих структурними чинниками;

онтогенічний підхід до мінералого-технологічної оцінки руд, що дає змогу з'ясувати послідовність виділення і характер взаємовідношень мінералів, досліджувати закономірності розвитку процесів мінералоутворення, а в остаточному підсумку оцінити ефективність розкриття мінералів під час збагачення та схарактеризувати контрастність їхніх технологічних властивостей;

типоморфні мінералого-генетичні фактори, що визначають збагачуваність, є головними критеріями геолого-технологічного картування;

під час рудопідготовки і збагачення природно зумовлені технологічні властивості мінералів (руд) нерідко суттєво змінюються (не всі однаково), тому, проникаючи в суть закономірностей, які зумовлюють технологічні властивості руд і зв'язок їх з конституцією мінералів, дуже важливо надати конституції мінералів чіткого фізичного змісту.

Складна і багатостадійна генетична природа руд, а також суттєва зміна властивостей під час рудопідготовки і збагачення зумовили розходження між мінералого-технологічними сортами трьох головних компонентів (магнетиту, апатиту, баделеїту), що ускладнює усереднення руд, технологічний прогноз і систему контролю за процесами рудопідготовки та збагачення. Впровадження ЕОМ (алгоритм геолого-технологічного моделювання родовища [4, 16 та ін.]) забезпечує об'єднання геолого-технологічних планів у єдину модель із залученням додаткових характеристик руди (вмісту Fe, P₂O₅, S та ін.).

Геолого-технологічні плани по кожному з видів сировини в сукупності з допоміжною інформацією з руди становлять найважливіший інформаційний модуль (базу даних), за яким ЕОМ будує образ цифрової моделі родовища. Інші модулі і блоки є допоміжними, такими, що обслуговують користувача на підставі розрахункових показників.

Зокрема, модуль прогнозу і керування технологічними процесами забезпечує розрахунок співвідношення технологічних сортів руд з урахуванням промислово-важливих компонентів для усереднення руди в циклі кар'єр – усереднений склад – усереднення на збагачувальній фабриці для досягнення раціонального режиму технологічного устаткування і стабілізації показника переробки.

Модуль контролю за процесами рудопідготовки і збагачення дає змогу фіксувати й коригувати порушення технологічного процесу, зумовлені об'єктивними (зміна природних умов, зношення устаткування, перехід на нові реагенти тощо) і суб'єктивними факторами (порушення технологічних режимів, недотримання напрямів видобувних робіт та ін.)

Модуль вирішення геологічних завдань забезпечує автоматизоване виконання

рутинної роботи: підрахунок запасів, побудову погоризонтних геолого-маркшейдерських планів, ведення геологічної документації тощо. Уся цифрова розрахункова інформація проходить через блок оцінки її вірогідності, що дає змогу оператору оцінити її значимість і зробити необхідні корективи.

Сьогодні результати геолого-технологічного картування родовищ використовують для вирішення широкого кола завдань: раціоналізації роботи гірських, геологічних і технологічних служб гірничо-збагачувальних комбінатів у зв'язку з усередненням руд перед подачею на збагачувальну фабрику, оцінки сировинної бази комбінату (у тому числі комплексності), розробки автоматизованих систем керування виробництвом. На підставі такої розробки за допомогою геолого-технологічного картування можна проводити різні види оперативного і перспективного планування, контролювати роботу комбінатів. Це потребує постійного удосконалення системи геолого-технологічного картування.

Напрямок дев'ятий. Для вирішення різних проблем прикладної мінералогії дуже важлива система підготовки кадрів. Сьогодні в деяких університетах таку роботу ведуть мінералоги-геохіміки. За наявності відповідної наукової бази і фахівців ця робота досить успішна. У Московському державному геологорозвідувальному університеті є спеціалізація з прикладної мінералогії, геохімії, проте надзвичайно важливо мати наукову школу, що спирається на визначені традиції. На превеликий жаль, таких шкіл сьогодні мало. Різко знизився рівень сучасної техніки для виконання тонких прецизійних досліджень.

Але ж мінералогія у вивченні речовини вийшла на нанорівень. Змінився характер технологічного експерименту, вищими стали вимоги до виділення й аналізу мономінеральних фракцій, знання фізико-хімічних методів аналізу, вміння їхнього застосування у вирішенні конкретних генетичних, технологічних та інших проблем з позицій як теорії, так і практики. Нам серйозно потрібно переосмислити тезу – *майбутнє мінералогії в її прикладному значенні*.

Безсумнівно, цим переліком не вичерпується комплекс нових і важливих проблем подальшого розвитку різних напрямів прикладної мінералогії.

1. *Конев Р.И.* Микроминералогия золоторудных месторождений вулканогенных областей (на примере Чаткало-Кураминского региона, Узбекистан): Автореф. дисс. ... д-ра геол.-мин. наук. СПб., 2001.
2. *Котова О.Б.* Адсорбционно-физические методы обогащения тонкодисперсного минерального сырья. СПб., 1999.
3. *Кушпаренко Ю.С.* Научное обоснование технологической оценки обогатимости оловянных и редкометалльных руд при геологическом изучении недр: Автореф. дисс. ... д-ра геол.-мин. наук. М., 2001.
4. *Матковський О.І., Пирогов Б.І.* Прикладна мінералогія: Навч. посібник. Львів, 2002.
5. Минералогические исследования в решении экологических задач / Отв. ред. И.В. Мельников. М., 1998.
6. Минералогия – основа использования комплексных руд: Тез. докл. конф. Минерал. об-ва РАН. СПб., 2001.
7. *Назарова Г.С., Остащенко Б.А.* и др. Метод получения ювелирной окраски пренита // Новые научные методики. Сыктывкар, 1988.

8. *Ожогина Е.Г.* Технологическая минералогия труднообогатимых марганцевых руд России: Автореф. дисс. ... д-ра геол.-мин. наук. М., 2002.
9. Онтогенез минералов и технологическая минералогия / Отв. ред. Ю.П. Мельник. К., 1988.
10. *Остащенко Б.А.* Направленное изменение технологических свойств минералов: Автореф. дисс. ... д-ра геол.-мин. наук. Сыктывкар, 1998.
11. *Остащенко Б.А., Шумилова И.Х.* Наноминералогия нетрадиционных редкоземельно-редкометалльно-золотых месторождений. Сыктывкар, 2003.
12. *Павлунь М.М.* Фізико-хімічні умови і зональність розвитку молібден-вольфрамових та золоторудних формацій (за результатами термобарогеохімічних досліджень): Автореф. дис. ... д-ра геол. наук. Львів, 2003.
13. *Пирогов Б.И.* Теоретические основы технологической минералогии // Теория минералогии. Л., 1987. С. 127–134.
14. *Пирогов Б.И.* Идеи В.И. Вернадского в развитии проблем технологической минералогии XXI столетия // Творческое наследие В.И. Вернадского и современность («Вернадские чтения»). Донецк, 2003. С. 157–160.
15. *Пирогов Б.И., Холошин И.В.* Инфракрасные спектры поглощения магнетита и их прикладное значение // Минерал. журн. 1989. № 2. С. 73–80.
16. *Пирогов Б.И., Холошин И.В.* Геолого-технологическое моделирование комплексных железорудных месторождений // Геолого-технологическое моделирование рудных месторождений. СПб., 1993. С. 83–95.
17. *Ревнищев В.И.* Роль технологической минералогии в обогащении полезных ископаемых // Зап. Всесоюз. минерал. об-ва. 1982. Вып. 4. С. 4–20.
18. *Руденко С.А.* Генетические основы минералогических методов поисков и разведки месторождений полезных ископаемых // Минералогические критерии оценки рудоносности. Л., 1981. С. 5–25.
19. *Яхонтова Л.К., Зверева В.П.* Основы минералогии гипергенеза. Владивосток, 2000.

**THE FUTURE OF MINERALOGY – IN ITS APPLIED MEANING
PART 2. PROBLEMS OF TECHNOLOGICAL, ECONOMIC-ECOLOGICAL
AND SYSTEM-MODEL TRENDS**

B. Pyrogov

*Moscow State Geological Research University
Mikluho-Maklaj St. 23, RU – 117873 Moscow, Russian Federation*

Technological, economic-ecological, technogenic, system-model and trained problems of modern applied mineralogy have been analysed.

Key words: applied mineralogy, technological features of minerals, economic-ecological complexes, modelling.

Стаття надійшла до редколегії 13.09.2004

Прийнята до друку 15.11.2004