МІНЕРАЛОГІЧНИЙ ЖУРНАЛ
MINERALOGICAL JOURNAL
(UKRAINE)

УДК 549.0

В. Павлишин

ШЛЯХИ РОЗВИТКУ ТА ДОЛЯ МІНЕРАЛОГІЇ В УКРАЇНІ

У статті висвітлено основні чинники розвитку мінералогії в Україні. Визначений як магістральний шлях розвиток всіх фундаментальних і прикладних напрямів (розділів) сучасної мінералогії з акцентом на особливе значення розвитку регіонально-мінералогічних досліджень. За теперішніх кризових умов запропоновано скористатися історичним досвідом і висунути на перший план розвиток прикладної мінералогії — чинник, що стимулює розвиток усіх напрямів мінералогії. Як актуальне питання — створення в Україні нових гірничорудних галузей: рідкіснометальної, золоторудної, міднорудної, кварцової.

Найголовніше завдання сучасної мінералогії — сприяти розвитку мінерально-сировинної бази, створенню нових видів мінеральної сировини та її раціональному використанню. Воно логічно випливає з загальновизнаного факту — мінерали, руди та породи є основним ресурсом для розвитку світової цивілізації, оскільки $^3/_4$ матеріалів, що їх споживає людство, виготовлені з мінеральної сировини.

В Україні мінерально-сировинний комплекс (МСК) на початку 1990-х рр. забезпечував 23—25 % валового національного продукту та третину валютних надходжень від експорту. З видобутком і використанням корисних копалин було пов'язано близько 48 % промислового потенціалу країни й до 20 % трудових ресурсів, функціонування численних підприємств.

Нині у зв'язку з кризою ситуація істотно змінилася. Насамперед змінилася динаміка видобутку корисних копалин України (рис. 1). Аналіз цього рисунку, як і МСК в цілому, свідчить, з одного боку, про зменшення обсягу видобутку корисних копалин, особливо у порівнянні з "піками" видобутку в період розвиненого соціалізму, а з іншого — про надмірне виснаження окремих ресурсів і переобтяження економіки важкими галузями виробництва, які були забезпечені неймовірно витратними технологіями. Як наслідок маємо десятки мільярдів тонн відходів, забруднене довкілля, порушення рівноваги в біосфері, соціальні проблеми. Через це виникла низка питань щодо трансформації економіки України, реструктуризації, покращення і взагалі стратегії розвитку мінерально-сировинної бази України, визначення оптимального рівня видобутку корисних копалин, переходу на малосировинний розвиток країни тощо [2, 7, 15].

Ефективно вирішити ці доленосні для України питання неможливо без участі мінералогічної науки та практики, які нагромадили колосальний обсяг знань в галузі морфології, конституції, властивостей та генезису мінералів, багатофункціональної прикладної мінералогії.

Щоби глибше зрозуміти зазначену проблему спробуємо відповісти на таке питання — чи є загальновизнаною роль мінералогії серед наук про Землю? Йдеться фактично про формальний статус мінералогії в родині геологічних наук. Згадаємо, що в процесі тривалої історії мінералогії неодноразово здійснювалися її глибокі перетворення. З єдиної науки про неорганічну природу поступово виокремлювалися науки про геологічні тіла, руди, гірські породи, зародилися кристалографія і геохімія. Диференціація первісних знань неминуче супроводжувалася конфліктними стосунками новонароджених наук з їх матір'ю (щось на зразок проблеми батьків і дітей).

Чи не найсильніше з цього приводу висловився на той час без п'яти хвилин Президент Всесоюзного мінералогічного товариства

© В. Палишин, 2009

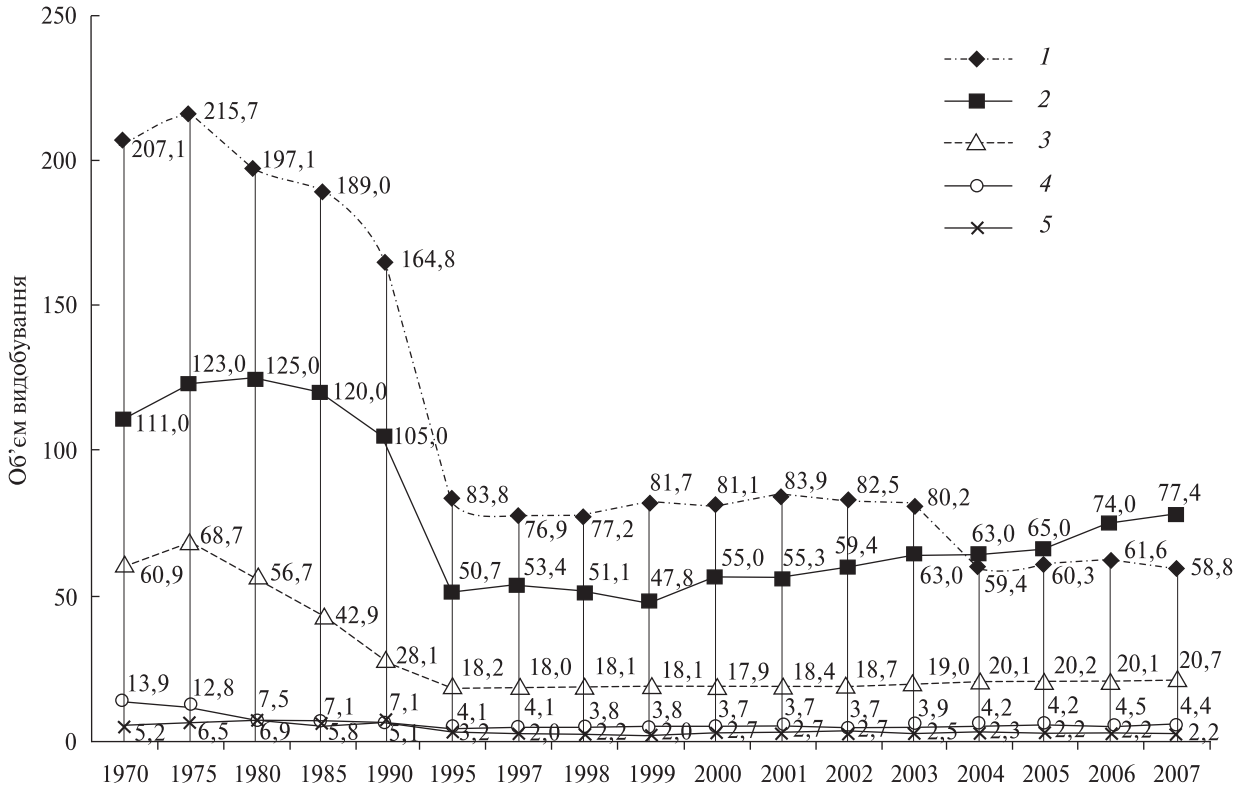

Рис. 1. Динаміка видобутку основних видів корисних копалин в Україні. За Л. Галецьким і Н. Черненко (2008): *1* — вугілля, *2* — залізна руда, *3* — газ, *4* — нафта, *5* — марганцева руда

(ВМТ), міністр і академік О.В. Сидоренко. У історичній промові, яка не втратила свого значення донині, відкриваючи з'їзд ВМТ у 1976 р. він зазначив таке: "*Минералогию нужно считать одной из фундаментальных наук для тяжелой индустрии*", маючи на увазі, що гірничорудна сировина для важкої промисловості й інших виробництв безпосередньо складається з мінералів. Далі Олександр Васильович запитує: "*Можем ли мы считать, что минералогия в настоящее время занимает ведущее положение в ряду геологических наук?*". І хоча зрозуміло, що розвиток геологічних наук неможливий без розвитку науки про мінерали, О.В. Сидоренко доходить висновку: "*Как это ни горестно признавать, но минералогия в последние годы все больше стала наукой, обслуживающей другие научные направления*". На завершення він закликає: "*...необходимо поднять роль минералогии как фундаментальной науки*" [16].

Особливо несправедливо, на мою думку, недооцінена мінералогія в Україні Державною геологічною службою й керівництвом НАН України. Наведу лише два приклади.

У розлогому проекті закону України "Про затвердження загальнодержавної програми розвитку мінерально-сировинної бази України на період до 2010 р." немає жодного мінералогічного абзацу, як і немає навіть самого слова мінералогія (!).

Викликає також подив кадрова політика керівництва НАН України. Протягом останніх 18 років НАН України жодного разу не оголошувала вакансій з мінералогії. Тому серед її членів немає бодай одного мінералога чи кристалографа. Для порівняння: в Російській академії наук, приблизно втричі більшій, ніж НАН України, нині працює сім членів (п'ять академіків і два член-кореспонденти) з мінералого-кристалографічних дисциплін.

Перейдемо до висвітлення одного з наріжних питань — які чинники і як впливають на розвиток мінералогії та окремих її розділів у сучасній Україні. Такими чинниками, на мою думку, є рівень розвитку мінералогії в світі та Україні, якість освіти і наукові кадри, ресурсний потенціал, рівень аналітичного та технічного забезпечення наукових досліджень, економічні й політичні умови.

У сучасній мінералогії високого розвитку досягли органічно пов'язані між собою основні розділи — кристалохімія, фізика, морфоло-

гія та генезис мінералів, регіональна мінералогія (топомінералогія), прикладна, космічна, систематична й експериментальна мінералогія, біо- і наномінералогія, які в свою чергу диференціюються. Ці розділи представлені в Україні, але з різним науковим доробком. Найістотніші досягнення віддзеркалено в народжених у другій половині XX ст. наукових мінералогічних школах — регіонально-мінералогічній Є.К. Лазаренка (сучасні лідери — О.І. Матковський, В.І. Павлишин), термобарогеохімічній М.П. Єрмакова (В.А. Калюжний, Д.К. Возняк), кристалохімічній О.С. Поваренних (О.Л. Литвин, В.С. Мельников), фізики мінералів (О.М. Платонов, А.М. Таращан). Впевнено набирає ознак нової мінералогічної школи біомінералогічна (Ф.В. Зузук).

Через брак обсягу неможливо навіть стисло висвітлити наявні фундаментальні та прикладні досягнення мінералогії в Україні, до того ж вони інформативно викладені в недавно опублікованій статті [13]. На загал же можемо говорити про світовий статус вітчизняних мінералогічних шкіл, які за всяку ціну треба зберегти, розвивати, зміцнити та примножити новими здобутками. Водночас мусимо констатувати послаблення досліджень у таких актуальних напрямах, як морфологія мінералів, передусім у вишах, онтогенія мінералів, фізико-хімічна, технологічна й експериментальна мінералогія. Скромні досягнення поки що маємо в гемології та наномінералогії. Ще одна ознака нашого часу — різко скоротилось видання фундаментальних мінералогічних праць, супроводжуване погіршенням якості кандидатських і докторських дисертацій.

Тим не менше є всі підстави стверджувати, що в Україні декількома поколіннями вчених закладено міцний фундамент мінералогічної науки, на якому отримали широкий розвиток загальновизнані мінералогічні школи, зародились нові наукові та прикладні напрямки, розвинуті нові ідеї і теорії, відкриті нові мінерали тощо, які збагатили світову мінералогічну науку і сприяли розкриттю таємниць мінерального царства України. Цей оптимістичний висновок тісно асоціюється з недавнім минулим мінералогії у нашій державі, але не може бути віднесений до результатів аналізу такого чинника розвитку сучасної мінералогії, як стан геологічної освіти та кадрового питання.

В Україні протягом 10—15 рр. існує чітка тенденція до зниження рівня університетської підготовки кадрів з речовинних геологічних дисциплін — геохіміків, мінералогів, кристалографів, петрографів. Чому? Насамперед тому, що середні школи — основний постачальник майбутніх студентів — випускають школярів (я, зрозуміло, маю на увазі лише тих, що потрапляють на геологічний факультет КНУ) з катастрофічно низьким рівнем знань з фізики, хімії та математики. У моїй педагогічній практиці є численні приклади, коли студенти не можуть згадати (сформулювати) жодного закону фізики, цілком не орієнтуються в Періодичній системі елементів, мають дуже низький рівень загальної ерудиції. Зрозуміло, що переважна більшість таких студентів ледве "перекочовують" з курсу на курс, а деяка частина з них відсіюється ще у процесі навчання на молодших курсах. Годі сподіватися, що такі спеціалісти чи магістри будуть належним чином заповнювати болючий в Україні "кадровий вакуум" і ефективно розвивати мінералогічну науку і практику, хоча є і приємні винятки.

Але не тільки середню, а й вищу школу, зокрема, геологічну освіту необхідно вдосконалювати та реформувати.

Перша проблема — відсутність у геологічній сфері України жодного офіційного кристалографічного осередку — негативно позначається на розвитку науки та підготовці геологічних кадрів. Згадаємо геніального Є.С. Федорова, який стверджував, що кристалографія є фундаментом всіх наук про неорганічну природу. А нині так виходить, що переважна більшість магістрів, які спеціалізуються на кафедрах мінералогії, не отримують належних знань з кристалографії, не знають сутності основоположних законів (магічних чисел, за висловом І.І. Шафрановського): 3 категорій симетрії, 7 сингоній, 14 ґраток Браве, 32 видів симетрії, 47 простих форм, 230 просторових груп симетрії. Виникає риторичне питання — чи зможе такий мінералог ефективно працювати?

Наведу приклад. У повоєнні роки Львівський університет, коли в ньому повнокровно функціонувала кафедра кристалографії, випускав геохіміків, на яких був великий попит у СРСР ще й тому, що вони мали високий рівень підготовки з кристалографії.

Проілюструю цю думку ще одним прикладом: 1896 р. Петербурзький гірничий інститут запросив Є.С. Федорова читати курс кристалографії. Свої погляди про значення та зміст

цього курсу він виклав вченій раді Інституту в актуальній й тепер записці "Докладная записка по вопросу о преподавании кристаллографии в Горном институте", де, зокрема, зазначено: "*Стоит только дать себе отчет в этой элементарной истине* (що мінерали — це кристали; В.П.), *чтобы понять, что специалист по какой бы то ни было отрасли деятельности в области наук о неорганической природе, в том числе и горного дела, не освоившийся с кристаллографией, не знающий как приступить к исследованию кристаллического вещества, такой же нонсенс, как писатель, недостаточно ознакомившийся с буквами и незнакомый с грамматикой, как композитор, не имеющий слуха, и т.п. Как ни невероятен, как ни недопустим подобный нонсенс, однако наша русская действительность умудряется мирно уживаться с ним на каждом шагу*". До цього важко щось додати. Можемо лише послатися на оригінальні науково-педагогічні напрацювання І.І. Шафрановського, які стосуються курсу з мінералогічної кристалографії [21].

Наступна проблема може бути сформульована так: мінералогічні курси та спецкурси повинні викладати лише ті професори та доценти, які виконують наукові дослідження у галузі мінералогії, її відповідних розділах. Разом з тим знаємо, що кристалооптичні методи вивчення мінералів здебільшого закріплені за кафедрою петрографії, а мінераграфічні — за кафедрою геології корисних копалин [8]. Ненормальність такого підходу очевидна.

Не можемо не звернути увагу на так звану "бумажну" мінералогію, проти якої виступали В.І. Вернадський, Д.П. Григор'єв, Є.К. Лазаренко та ін. Деякі мінералоги підмінили природні спостереження теоретичними міркуваннями в кабінетах [8], що відображено й у педагогічній практиці.

Сутність мінералогії визначається двома ознаками — об'єктом дослідження (мінерал) і метою дослідження (пізнання природної історії мінералів). Тож природним є питання — чи можливо розтлумачити студентам мінералогічну науку за допомогою лише діаграм, графіків, моделей тощо і без показу об'єкта дослідження? Доцільніше ці графічні матеріали оптимально поєднувати з демонстрацією на "кам'яних книгах" — мінеральних індивідах і агрегатах — ознак процесів їх тілесної історії. Д.П. Григор'єв цю педагогічну тезу стисло сформулював так [3]: "*Учить минералогии надо не рассказом, а показом*" або "*Надо учить не словесно, а телесно*".

Мінерали, що виникають унаслідок фізико-хімічних фазових реакцій, дуже розмаїті: гігантські, великі, малі, "невидимі"; закономірно і випадково зрощені; монокристальні і розщеплені; ізометричні й ниткоподібні тощо. Крім того, мінерали, що ростуть, не є, як часто думають геологи, пасивними. Вони активно взаємодіють із середовищем, збуджують навколо себе концентраційне, температурне, радіаційне, гравітаційне та інші поля, захоплюють і консервують речовину середовища мінералоутворення, розвивають кристалізаційну силу, здатну відштовхувати тверді тіла. Пізнати і розтлумачити всю цю специфіку мінералоутворення за допомогою лише фізико-хімічних реакцій, рівнянь та діаграм неможливо, оскільки вони не наділені функціями прогнозу форми й розмірності мінеральної речовини. Отже, просте використання лише фізико-хімічних ідей, методів і законів для дослідження генезису мінералів неефективно, бо жодна з реакцій не дає відповіді на основні питання практичного значення: виник один індивід чи ціла гора його агрегатів, як зрослися в агрегаті рудні й нерудні мінерали, якого вони розміру, яка природа й розподіл у кристалах точкових, лінійних, об'ємних дефектів? Отже, завдання мінералога полягає в тому, щоб з'ясовувати закономірний зв'язок між фізико-хімічними реакціями (явищами), *РТС*-параметрами їх прояву й онтофілогенезисом мінералів у мінеральних об'єктах. Лише на міцному онтогенічному фундаменті можна "*оживити скам'янілі реакції*" мінералоутворення, тобто дати всебічну теоретичну інтерпретацію зародженню, росту, перетворенню й руйнуванню мінералів у природі.

На завершення звертаюся до колективного розуму: ухвали Міжнародної науково-педагогічної конференції "Геологічна освіта та наука в XXI ст. Проблеми викладання геологічних дисциплін" (Київ, 2006).

Конференція, зокрема, констатує: 1. В Україні бракує якісних україномовних підручників і посібників з багатьох геологічних дисциплін. 2. Спостерігається чітка тенденція до зниження рівня підготовки фахівців-геологів. Одна з вагомих причин — ненормальна, нині практично нездолання ситуація з проведенням навчальних і виробничих практик студентів. 3. Існує чимало проблем, пов'язаних з

впровадженням у геологічну освіту світових стандартів, насамперед у зв'язку з реалізацією дискусійних положень Болонської конвенції та з фактичною відсутністю української концепції розвитку геологічної освіти. 4. У вкрай важкому стані знаходиться лабораторна навчальна та наукова база вишів України: не вистачає комп'ютерів, програм, недоукомплектовані або й відсутні комп'ютерні класи.

Особливе значення для розвитку мінералогії в Україні має її ресурсний потенціал (мінерально-сировинна база). Сутність цього чинника зрозуміла — європейська країна, здатна забезпечувати 5 % світового видобутку мінеральної сировини, не може не розвиватися "мінералогічно", тобто магістральний шлях розвитку мінералогії в Україні — це *розвиток всіх фундаментальних і прикладних напрямів сучасної мінералогії з акцентом на особливе значення регіонально-мінералогічних робіт*. Мій вчитель Є.К. Лазаренко часто повторював: регіональна мінералогія забезпечує чи не найбільший обсяг мінералогічних знань.

Україна за запасами і якістю мінеральних ресурсів посідає одне з провідних місць серед "мінерально-сировинних" країн світу. У надрах України виявлено понад 900 мінералів, відкрито більше 20 тисяч родовищ і рудопроявів, 97 видів корисних копалин, з яких 9079 родовищ і чимало видів мають промислове значення. До промислового освоєння залучено 3285 родовищ, у яких зосереджено від 40 до 75 % розвіданих запасів різних видів корисних копалин. Вартість запасів корисних копалин України оцінюється різними фахівцями від $ 7,5 до 11 трлн.

Звернемося до світової практики видобутку та споживання мінеральної сировини, найголовніші тенденції якої такі: 1. Видобуток мінеральної сировини в світі має тенденцію не до зниження, а до підвищення. 2. У загальному балансі видобутку мінеральної сировини перевагу мають великі та унікальні родовища. 3. Раціонально-ощадливе та комплексне використання мінеральних ресурсів. 4. Орієнтація на видобуток та переробку багатих руд. 5. Зростанню економіки та підвищенню соціального статусу країн сприяє, як правило, збільшення обсягу споживання мінеральної сировини. 6. Темпи світового виробництва рідкісних металів випереджають темпи росту практично всіх інших видів корисних копалин, XXI століття принесе розквіт рідкіснометальної галузі. 7. Попит на золото нині практично необмежений і тому цей метал не потребує пошуків ринків збуту. 8. Рівень споживання міді в світі займає третє місце серед металів (після заліза та алюмінію), потреба міді в Україні може досягати 300 тис. т металу в рік. 9. Стрімкий розвиток у світі сучасних індустрій на базі споживання виробів з природного кварцу.

Україна не зможе покращити свою економіку, не вписавшись у ці тенденції. Для цього необхідно насамперед здолати чимало політичних перепон і вирішити чимало наукових проблем і техніко-технологічних завдань. Особлива проблема виникла у зв'язку з сучасним станом мінерально-сировинної бази України. Більшість її родовищ корисних копалин, розвіданих ще за радянських часів, не відповідає сучасним економічним критеріям. Вкрай необхідна переоцінка державного балансу родовищ, з'ясування на сучасному рівні їх комплексного значення і виділення так званих активних запасів, які відповідатимуть критеріям ринкової економіки й забезпечуватимуть прибуток від експлуатації родовищ і переробки руд. Ця проблема є насамперед мінералогічною.

Ціла низка мінералогічних проблем нині існує у зв'язку з забрудненням довкілля, спричиненим функціонуванням МСК України. Його розвиток та охорона навколишнього середовища — дві архіважливі, протилежні за змістом проблеми, стан і вирішення яких істотно впливатимуть на долю України, її економічну і політичну незалежність.

У державних установах, наукових організаціях і навчальних закладах країни нагромаджено чимало науково-прикладної інформації, яка стосується мінерально-сировинної бази України, але вона не систематизована, розпорошена, а практичне значення висвітлено у загальній формі здебільшого на рівні руд і родовищ. Фактично Україна не має зведеного банку даних з мінеральної сировини на рівні мінералів — генеральної характеристики мінерально-сировинної бази. Існує також проблема нормативно-правового забезпечення розвитку мінерально-сировинної бази України, наближення його до європейських стандартів.

На підставі аналізу наведених (і ненаведених) фактів і проблем стисло окреслимо речовинні, у тому числі мінералогічні, напрями наукових досліджень та інші види робіт, скеровані на покращення мінерально-сировинної бази та МСК України:

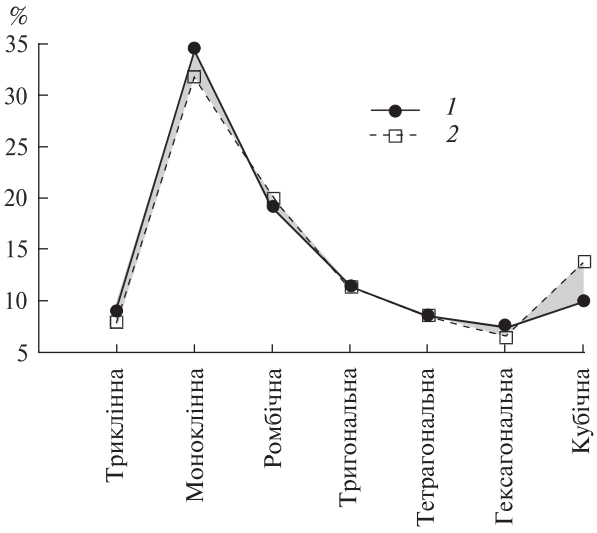

Рис. 2. Розподіл мінералів за сингоніями в земній корі (*1*) та надрах України (*2*) (відн. %). Для земної кори прийнято підрахунки для визначених просторових груп на сайті *Webmineral.com*. (версія від 10.07.2006). Уширення ліній на графіках відповідає розбіжностям у відносній кількості мінералів у об'єктах, що порівнюються

1. Всебічне вивчення на сучасному методичному рівні речовинного складу родовищ (рудопроявів) з метою: а) з'ясування комплексного значення родовищ (рудопроявів); б) виділення технологічних сортів руд, передусім за допомогою мінералогічного картування; в) обґрунтування нових видів мінеральної сировини; г) напрацювання наукових засад створення нових галузей промисловості — рідкіснометальної, міднорудної, кварцової тощо.

2. Спеціальні мінералогічні дослідження, направлені на розробку безвідвальних екологічно чистих технологій переробки руд з орієнтацією на фізичні та біотехнологічні схеми (лише один приклад: Україна видобуває стільки ж залізної руди, як всі країни Західної Європи разом, але вони виробляють більше чавуну — у 5,4 разів; сталі — у 8,4; прокату — у 6,5 разів [7].

3. Токсикологічні характеристика і систематика родовищ (рудопроявів), у тому числі техногенних, з метою напрацювання випереджувальних заходів мінімізації екологічних проблем.

4. Маркетинг родовищ, здійснений на засадах сучасної ринкової економіки, з обрахунком остаточного результату — прибутку від їх експлуатації та завданої екологічної шкоди.

5. Створення інформаційних банків у системі "елемент (ізотоп) — мінерал — порода (руда) — родовище".

6. Нормативно-правове забезпечення розвитку в умовах ринкової економіки.

7. Напрацювання нових комплексних і високоефективних критеріїв, методик і методів пошуку та оцінки родовищ корисних копалин.

8. Консерваційні заходи, скеровані на вирішення проблеми збереження мінерального розмаїття, тобто збереження *in sity* або *ex sity* сукупності мінералів, що якісно й кількісно задовольнятимуть наукові та культурні потреби нинішнього й прийдешнього поколінь.

Тепер "заглянемо" в майбутнє мінералогії України, точніше мінерального складу її надр, крізь призму симетрійної статистики майже 900 мінеральних видів, нині відомих у геологічних утвореннях України [11].

Сучасний вигляд кривих розподілу мінералів світу та України за сингоніями демонструє рис. 2. Як бачимо, криві практично збігаються, за винятком кубічної сингонії, частка мінералів якої в надрах України помітно вища, ніж у земній корі. Так само подібні для земної кори і надр України криві розподілу мінералів за видами симетрії (рис. 3, *а*), причому вони майже не змінили своєї конфігурації за останні 20 років (рис. 3, *б*). З 32 видів симетрії в надрах України невідомі мінерали, що належать до видів 4*mm* і $\bar{6}$, які мінімально поширені й у земній корі в цілому.

Провідне положення за кількістю мінералів займають (у порядку зменшення числа представників) планаксіальні (голоедричні) види симетрії 2/*m*, *mmm*, *m*3*m*, $\bar{3}/m$, 4/*mmm*, 6/*mmm*, загальна частка яких становить 68,36 % мінералів України, для яких визначено вид симетрії. Для мінерального царства Землі цей показник дорівнює 62,36 %, тобто мінеральне царство України дещо симетричніше, ніж у цілому земна кора, що добре узгоджується з даними сингонсиметрійної статистики. Подібно до мінерального царства світу (цифри у дужках) відносна сумарна частка неголоедричних мінералів у надрах України помітно менша серед сингоній нижчої категорії у порівнянні з сингоніями середньої та вищої категорій, %: моноклінна — 9,6 (11,8); ромбічна — 26,0 (27,7); тригональна — 39,4 (56,0); тетрагональна — 40,7 (48,0); гексагональна — 55,3 (56,3); кубічна — 30,6 (37,2).

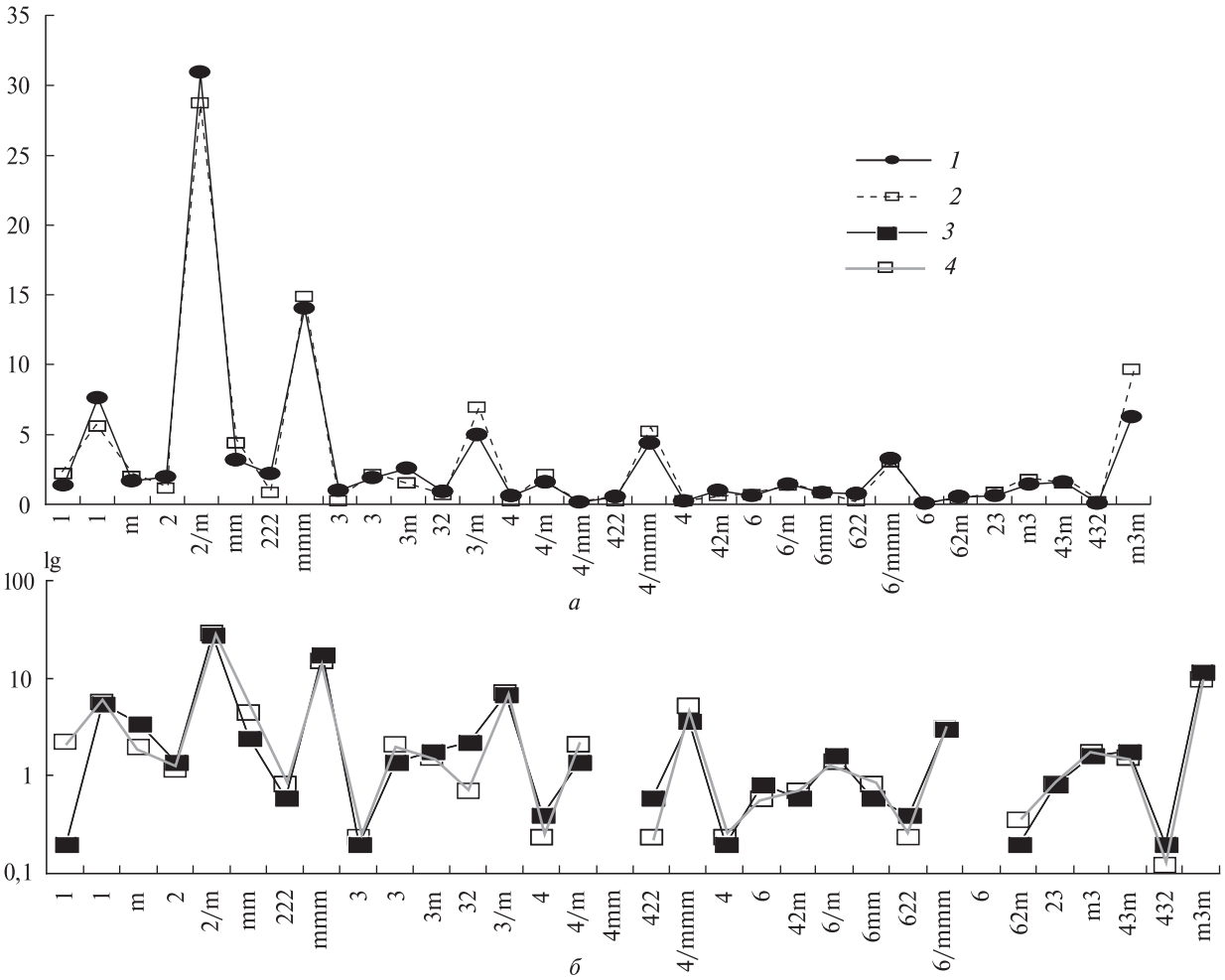

Рис. 3. Послідовність кристалографо-мінералогічних кларків (%) для 32 видів симетрії (у порядку їх кристалографічної ієрархії): *а* — у земній корі (*1*) і надрах України (*2*); *б* — в надрах України за 1985 (*3*) та 2006 (*4*) рр. — масштаб логарифмічний

Основне питання — чому саме планаксіальні види, тобто види з найбагатшою симетрією в кожній сингонії, особливо нижчої категорії, чисельно переважають у мінеральному царстві? Загальна відповідь така — внаслідок дії у мінеральній природі універсального принципу Кюрі [14]. Тепер конкретніше. Якщо припустити, що впродовж геологічної історії Землі кристали формувалися під впливом дії земного тяжіння, тобто кристалографічно в зрілому середовищі з симетрією конуса $L_\infty \infty P$, то вірогідність народження планаксіальних кристалів, за однакових інших умов, є найбільшою.

Звернемося до нових та інших суджень і фактів, наведених у недавній статті В.С. Урусова [19]. Насамперед В.В. Доливо-Добровольський [5] висловив сумнів щодо стійкості кількісних співвідношень у симетрійній статистиці мінералів. Зокрема, він виявив, що структури 395 нових мінералів, відкритих у 1980—1984 рр., підпорядковуються іншому розподілу, а саме: частка триклінних мінералів збільшується, а частка кубічних, навпаки, поступово зменшується. Це спостереження згодом цілком підтвердилося. Зокрема, для мінерального царства України "індекс триклінності" (частка від ділення числа триклінних мінералів на число кубічних) за період з 1986 до 2006 р. виріс у 1,5 рази — з 0,36 до 0,56. Для земної кори, за нашими підрахунками, він становив у 2004 р. — 0,90, а у 2006 р. — 0,93. Світове зростання значення "індексу триклінності" загальної сукупності мінералів за останні два роки відбулося за рахунок поповнення (і уточнення) чисельності мінеральних видів земної кори близько 270 новими представниками, серед яких триклінні мінерали значно

переважають над кубічними ("індекс триклінності" дорівнює 1,98).

Ця тенденція у зміні симетрії мінерального царства світу так тлумачиться В.С. Урусовим [19]. Передусім зафіксовано відносне збільшення частки рідкісних мінералів, відкриття яких, інколи лише в одному родовищі і в мізерній кількості, стало можливим в останні десятиріччя завдяки застосуванню сучасної техніки. Індекси симетричності поширених мінералів істотно більші, ніж рідкісних, що можна підтвердити, на думку В.С. Урусова, шляхом вивчення зміни симетрії в обмінних кислотно-основних взаємодіях, які призводять до своєрідного механізму "природного відбору" мінералів [17], підпорядкованого принципу ЖМКО (жорстких і м'яких кислот і основ):

$$(МК)(ЖО) + (ЖК)(МО) \rightarrow$$
$$\rightarrow (ЖК)(ЖО) + (МК)(МО).$$

Праворуч знаходиться стійка, відібрана природою, пара речовин, ліворуч — "реагенти", які звичайно не реалізуються у вигляді мінералів або належать до рідкісних видів. На конкретному прикладі бачимо, що утворення стійкої асоціації мінералів (молібденіт + кварц) супроводжується загальним підвищенням їх симетрії.

$$\underset{моно.}{MoO_2} + \underset{ромб.}{SiS_2} \rightarrow \underset{триг.}{MoS_2} + \underset{триг.}{SiO_2}$$

Отже, крупномасштабні (глобальні) процеси в земній корі підпорядковуються сильному прагненню кристалічної речовини до мінімальної дисиметризації (у розумінні П. Кюрі). З іншого боку, аналіз всього фактичного матеріалу свідчить, що прогресивна втрата елементів симетрії первісної твердої речовини під час її еволюції в земній корі й Землі в цілому, як і дисиметризація в біосфері, може вважатися твердо встановленим фактом [4, 18, 22, 24]. При цьому часткова втрата симетрії здійснюється послідовно в часі і просторі, підпорядковуючись дії *принципу мінімальної дисиметризації* [18], яка істотно послаблюється у локальних обстановках з екстремальними геохімічними умовами. Відтак, статистичні характеристики мінерального складу надр України, отримані в 1985 р. [12] й нині, особливе геоструктурне положення України (на її території сходяться основні геологічні структури Європи: Східно-, Західноєвропейська і Центральноазійська платформи; структури Тетису; Альпійсько-Карпатська і Кримсько-Кавказька складчасті системи з притаманними кожній з них специфічними рисами мінералогенії), а також їх порівняння зі складом земної кори в цілому дозволяють зробити такі основні висновки: 1. Число мінеральних видів України за останні 20 років зросло більше ніж на 300 видів і нині перевищило 900. Помітно збільшилася також кількість різновидів мінеральних видів України — близько 250 представників. Крім того, існує обґрунтований резерв нових для України мінеральних видів і різновидів. У порівнянні з земною корою в надрах України виявлено відносно більше мінералів з класів простих речовин, халькогенідів, оксидів, сульфатів, карбонатів і силікатів, утворених петрогенними (O, Si, Al, Fe, Mg, Ca, Na, K, S, F, C) і значною кількістю "малих" елементів різної геохімічної природи (Co, Ni, Cd, Sb, Bi, Be, Sc, Y, Ce, Ta, Ag, Au, Pt, U, Th), які визначають основні риси мінерагенії надр країни.

2. Надра України виявилися відносно "недоукоплектованими" ванадатами, арсенатами, фосфатами, боратами, мінералами Se та низки халькофільних (Zn, Cu, Pb, Hg, Sn, Mo, Ge) і літофільних (Cs, Sr, Ba, Cr, Ti, Mn, Zr) елементів. Гострий дефіцит спостерігається серед мінералів I, Br і Cl. Невідомі в надрах України мінерали Rb, Hf і Ga.

3. Принцип мінімальної дисиметризації, якому підпорядковується зміна симетрії у процесах еволюції мінеральних комплексів земної кори, з одного боку, і показники симетричності надр України та їх еволюція у часі — з іншого, а також особливе тектонічне положення України свідчать, зокрема, що появу нових для надр України мінеральних видів, насамперед, слід очікувати серед "дефіцитних" класів і мінералів окремих елементів; надра України — перспективна структура для відкриття нових мінералів і нових видів мінеральної сировини.

Ще одне актуальне питання. Який шлях розвитку повинна обрати українська мінералогія нині, в кризовий період? Ймовірно, їх існує декілька. Мені видається, що доцільно скористатися історичним досвідом [23].

Відомо, що В.І. Вернадський особливо переймався долею мінералогії в Росії у 20—30-ті кризові роки XX ст., коли, на його думку, поряд з теоретичними проблемами виник "*цикл крупных и интересных задач резко иной логичес-*

кой категории. Это проблемы прикладной минералогии" [1]. Розуміючи, що перехід мінералогії на нові щаблі розвитку та висування її на рівень державних завдань з позицій чистої науки навряд чи можливо здійснити, вчений вбачає в прикладній мінералогії ефективний важіль впливу на прискорення в мінералогічній науці: "*Хотя sub asternitatis (с точки зрения вечности) достижения чистой науки, двигающие на новый высокий уровень человеческую мысль, по сути вещей гораздо более значительны и в конце концов в истории и планеты, и человечества более могущественны, чем величайшие завоевания прикладного знания, — в текущей жизни, для современников, гораздо большее значение имеют крупные значения прикладного знания*" [1].

Вважаю, що варто прислухатися до ідеї висунення і в наш час на перший план прикладної мінералогії як стимулу розвитку всіх наукових напрямів мінералогії. У часи діяльності В.І. Вернадського сфера застосування прикладної мінералогії зводилася здебільшого до мінералогічного обслуговування вчення про корисні копалини. Нині, як і мріяв В.І. Вернадський, сучасна прикладна мінералогія істотно ширша і є складним багатофункціональним розділом мінералогії, покликаним напрацьовувати наукові засади практичного використання мінералів і мінералогічних знань для пошуку та оцінки родовищ корисних копалин, створення високих економічно прибуткових і екологічно чистих технологій переробки мінеральної сировини, обґрунтування нових видів сировини, синтезу технічно корисних кристалів, виявлення корисних (шкідливих) для здоров'я людини властивостей мінералів, декоративних якостей мінералів тощо.

Ефективність втілення в життя зазначеного шляху розвитку мінералогії, крім кваліфікації мінералогів і стану лабораторної бази, визначатиметься ще інвестиційною політикою в геологічній науці, зацікавленістю влади та відповідними організаційними заходами, насамперед створенням єдиного міжвідомчого наукового центру, який в повному обсязі координуватиме роботу всіх мінералогічних осередків.

І на останок, майже цілковито в контексті тільки що означеного шляху розвитку мінералогії в Україні, декілька міркувань щодо створення в Україні нових гірничорудних галузей.

Аналіз мінерально-сировинної бази України та перспектив її розширення з погляду зазначених вище фактів і закономірностей дає підставу вважати нині актуальними та першочерговими в Україні мінералогічні дослідження в таких регіонах і таких об'єктів: 1. В Азовському Zr-TR родовища, рудопрояви Zr-TR мінералізації в інших структурах Приазов'я й на Волинському блоці. 2. Рідкіснометальні родовища Кіровоградського блоку. 3. Родовища і рудопрояви золота на Українському щиті (УЩ). 4. Родовища і рудопрояви міді. 5. Кварцові жили УЩ.

Передбачається, що саме ці об'єкти після всебічного вивчення, детальної розвідки та експлуатації стануть підґрунтям покращення економіки, народження й розвитку в Україні нових галузей: рідкіснометальної, потужної золоторудної, міднорудної й кварцової.

Проблеми створення рідкіснометальної галузі. Україна — багата рідкіснометальна провінція (Li, Be, Sc, Y + TR, Zr + Hf, Ge, Ta, Nb). Існує навіть можливість експорту деяких рідкісних металів (Li, Zr). Але для створення галузі (окрім розвідки) необхідно з'ясувати комплексне значення родовищ, виявити технологічні сорти руд (мінералогічне картування), напрацювати безвідвальні технології переробки руд, вирішити екологічні проблеми (шкідливі канцерогенні домішки), здійснити маркетинг родовищ. Всі ці проблеми та шляхи їх подолання ґрунтовно викладені у програмі "Рідкісні та благородні метали України" (автори — М.П. Щербак, В.І. Павлишин, В.М. Загнітко та ін., 1999). Першочергової уваги заслуговують родовища Кіровоградського блоку та Приазов'я.

Золоторудна галузь. Золото — типовий шляхетний метал, але нині швидко збільшується його використання у високонаукоємних технологіях. Якщо ця тенденція споживання буде зберігатися, то досить швидко золото втратить призначення валютного металу. Ймовірно, що йому на зміну прийде один з рідкісних металів. Важливо також те, що посилена експлуатація багатих копалень золота може в наступні 10—20 років призвести до відпрацювання їх високоякісних запасів, яке не вдасться цілком скомпенсувати новими потужностями. Україна має шанс скористатися цією сприятливою для неї ситуацією, підготувавши до освоєння свої родовища, насамперед УЩ.

Світовий досвід засвідчив, що прогнозування золотого зруденіння, яке базується на концепції полігенності, має високу вірогідність

відкриття крупних і комплексних родовищ. Оскільки мінералогічні критерії полігенності родовищ добре напрацьовані, то доцільно скористатися ними для вивчення золоторудної мінералізації України з метою з'ясування походження родовищ — полігенного чи неполігенного? При цьому слід пам'ятати, що основною мінералогічною ознакою полігенності родовищ є просторова суміщеність поліхронних і генетично різних, часто несумісних мінеральних асоціацій. Решту проблем, які треба подолати на шляху створення золоторудної галузі, викладено у вказаній вище Програмі.

Міднорудна галузь. Серед кольорових металів мідь стоїть на першому місці за обсягом споживання й впливом на розвиток економіки. Донині в Україні немає жодного розвіданого родовища міді, однак є добра перспектива створення її власної мінеральносировинної бази. Це насамперед поклади міді в базальтах трапової формації Волині [6, 9, 10].

Мідь — полімагматогенний і взагалі полігенетичний мінерал, тобто формується атомами, що належать як до базальтофільних, так і гранітофільних елементів. Звідси до певної міри випливає проблема генезису міді Волині. Ми достеменно не знаємо, які генетичні типи габітусів і яка генерація(ції) формують промислове зруденіння (прогнозні ресурси нині оцінюються в ~27 млн т). Залишається відкритим також питання про первісне джерело міді — ендогенноглибинне, базальтове, вмісні породи, змішане.

Кварцова галузь. Нині в Україні склалася парадоксальна ситуація: щоденно потрібна кварцова сировина, монокристали та вироби з кварцу; кварцова сировина у надрах є, однак вона не розвідана, недостатньо й нерівномірно досліджена, тому її не видобувають, не переробляють і не використовують (за винятком кварцових пісків і деяких кварцитів).

Найбільша перспектива кварцової сировини в Україні пов'язана з гідротермальними жилами (переважно УЩ). Серед них на особливу увагу заслуговують три рудопрояви — Ленчинський (Північно-Західний район УЩ), Арсенівський (Інгуло-Інгулецький район) і Скляна Гора (Приазов'я). Саме вони мають стати першочерговими об'єктами для проведення розвідки, яку обов'язково потрібно науково супроводжувати. У них на незначній глибині зосереджені величезні прогнозні ресурси, але кварц цих рудопроявів досконало не досліджений. Найчистішим серед зазначених рудопроявів виявився кварц Ленчинського рудопрояву [20]. Можливими галузями його використання є такі: виготовлення кварцового скла й вирощування монокристалів технічного і ювелірного призначення. Перші якісні кристали кварцу із шихти жильного кварцу України були вирощені під керівництвом професора Г.Т. Остапенка в Інституті магнетизму НАН України. Перспективним може бути використання жильного кварцу України для виробництва оптичного кварцового скла, скловолокна, художнього кришталю, спецкераміки, сировини для отримання високочистого кремнію, карбіду кремнію і силікосплавів, кварцового порошку для спецметалургії, медицини та електроніки.

Отже, підсумовуючи сказане вище, можемо констатувати, що доля мінералогії в Україні вибудовуватиметься залежно від дії багатьох чинників — внутрішніх і зовнішніх, об'єктивних і суб'єктивних. Кардинальне питання — мінералогія буде провідною фундаментальною наукою чи вона втрачатиме своє природно самостійне значення, набуваючи невластивого їй статусу допоміжної, другорядної дисципліни?

Немаловажне значення у вирішенні цього питання має сучасний стан мінералогічної науки, насамперед вагомі досягнення в галузі регіональної мінералогії, термобарогеохімії, кристалохімії й фізики мінералів, біомінералогії, які нині є пріоритетними науковими напрямами і мають світовий статус. Вкрай доцільно зберегти і зміцнити ці напрями з одночасним підсиленням досліджень у галузі морфології й онтогенії мінералів, експериментальної і фізико-хімічної мінералогії, технологічної мінералогії, гемології тощо. Такий шлях розвитку мінералогії в Україні заслуговує на увагу мінералогів, вчених, чиновників і політиків, науково і економічно доцільний, має право на життя, потребує ефективного подолання негативних явищ у мінералогічній освіті та підготовці кадрів, посилення лабораторної бази. Кінцева мета — піднесення мінералогії на рівень державних задач.

1. *Вернадский В.И.* Задачи минералогии в нашей стране (1917—1927) // Природа. — 1928. — № 1. — С. 21—40.
2. *Галецкий Л., Черненко Н.* Состояние и перспективы обеспечения ГМК Украины минеральным сырьем // Геолог України. — 2008. — № 4. — С. 27—38.
3. *Григорьев Д.П.* Рассуждения о минералогии. — Сыктывкар : Геопринт, 1988. — 88 с.
4. *Доливо-Добровольский В.В.* К кристаллографии земных оболочек // Зап. Всесоюз. минерал. об-ва. — 1984. — Вып. 5. — С. 586—590.
5. *Доливо-Добровольский В.В.* О так называемых "законах статистической минералогии" // Там же. — 1988. — № 4. — С. 387—393.
6. *Квасниця І.В., Павлишин В.І., Косовський Я.О.* Самородна мідь України. Геологічна позиція, мінералогія і кристалографія. — К. : Логос, 2009. — 171 с.
7. *Коржнєв М.М., Шеляг-Сосонко Ю.Р., Курило М.М. та ін.* Розвиток України в умовах глобалізації та скорочення природно-ресурсного потенціалу. — К. : Логос, 2009. — 195 с.
8. *Лазаренко Е.К., Сливко М.М.* Пути развития минералогии // Сов. геология. — 1967. — № 4. — С. 31—38.
9. *Мідь* Волині // Наук. праці Ін-ту фундам. досліджень / Відп. ред. В.О. Шумлянський. — К. : Знання України, 2002. — 112 с.
10. *Мідь* Волині // Наук. праці Ін-ту фундам. досліджень / Відп. ред. Л.В. Шумлянський. — К. : Знання України, 2006. — 200 с.
11. *Павлишин В.І., Зінченко О.В., Довгий С.О.* Загальні особливості мінерального складу геологічних утворень України // Мінерал. журн. — 2007. — **29**, № 2. — С. 5—18.
12. *Павлишин В.И., Литвин А.Л., Бартошинский В.З. и др.* Новые данные по минералогии Украины (обзор за 1981—1985 гг.) // Там же. — 1986. — **8**, № 4. — С. 3—20.
13. *Павлишин В.І., Платонов О.М., Брик О.Б. та ін.* Мінералогія у Національній академії наук України // Там же. — 2008. — **30**, № 3. — С. 7—37.
14. *Подберезская Н.В.* Законы симметрии и природа кристаллов // Минералогические музеи. — СПб. : Каф. минералогии СПб ГУ, 2005. — С. 256—257.
15. *Реструктуризація* мінерально-сировинної бази України та її інформаційне забезпечення / За ред. С.О. Довгого. — К. : Наук. думка, 2007. — 347 с.
16. *Сидоренко А.В.* Вступительное слово на съезде ВМО 18 окт. 1976 г. // Зап. Всесоюз. минерал. об-ва. — 1977. — Вып. 2. — С. 129—134.
17. *Урусов В.С.* Естественный отбор минеральных видов // Сорос. образоват. журн. — 1998. — № 4. — С. 50—56.
18. *Урусов В.С.* Принцип минимума диссиметризации и его нарушение редкими новыми минералами // Докл. РАН. — 2002. — **386**, № 3. — С. 379—383.
19. *Урусов В.С.* Новые уроки симметрийной статистики минеральных видов // Проблемы геологии и минералогии / Отв. ред. А.М. Пыстин. — Сыктывкар : Геопринт, 2006. — С. 19—30.
20. *Черниш Д.С.* Мінералогія перспективних рудопроявів жильного кварцу Українського щита : Автореф. дис. ... канд. геол. наук. — К., 2003. — 19 с.
21. *Шафрановский И.И.* Очерки по минералогической кристаллографии. — Л. : Недра, 1974. — 152 с.
22. *Шафрановский И.И., Шафрановский Г.И.* Гармония мира минералов. — СПб. : Недра, 1992. — 79 с.
23. *Юшкин Н.П.* Вернадский В.И. и развитие прикладной минералогии // Минерал. журн. — 1988. — **8**, № 2. — С. 69—77.
24. *Юшкин Н.П.* Биоминеральные взаимодействия // 42-е чтения им. В.И. Вернадского. — М. : Наука, 2002. — 59 с.

Київ. нац. ун-т ім. Тараса Шевченка, Київ Надійшла 24.09.2009

РЕЗЮМЕ. В статье освещены основные факторы развития минералогии в Украине. Магистральный путь — развитие всех фундаментальных и прикладных направлений (разделов) современной минералогии с акцентом на особом значении развития регионально-минералогических исследований. В условиях нынешнего кризиса предложено воспользоваться историческим опытом и выдвинуть на первый план развитие прикладной минералогии как стимулирующего фактора развития всех направлений минералогии. Актуальным вопросом является создание новых горнорудных отраслей: редкометалльной, золоторудной, меднорудной, кварцевой.

SUMMARY. The paper elucidates the basic factors of mineralogy development in Ukraine. The main way is the development of all fundamental and applied trends (sections) of up-to-date mineralogy with an accent on the special value of development of the regional mineralogic investigations. Under the conditions of current crisis it is proposed to use the historical experience and to advance the development of applied mineralogy as a stimulating factor of development of all the trends of mineralogy. An urgent problem is a creation of new mining branches: rare-metal, gold-ore, copper-ore, quartz mining.