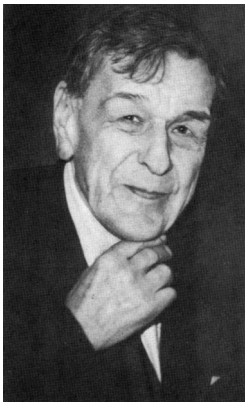
УДК 548.0

В.І. ПАВЛИШИН

Київський національний університет імені Тараса Шевченка
03022, м. Київ, вул. Васильківська, 90

# І.І. ШАФРАНОВСЬКИЙ — ВИДАТНИЙ УЧЕНИЙ ТА ІСТОРИК КРИСТАЛОГРАФІЧНОЇ НАУКИ

## *(до 100-річчя від дня народження)*



Іларіон Іларіонович Шафрановський (1907—1994) — вчений із світовим ім'ям, історик науки, неперевершений авторитет у мінералогічній кристалографії, *"один з останніх представників романтичного періоду розвитку кристалографічної науки"* (М.П. Юшкін, 1996).

Вчителі І.І. Шафрановського — кристалограф О.М. Аншелес і мінералог С.М. Курбатов — ще в студентські роки познайомили його з творчим доробком Є.С. Федорова і В.І. Вернадського. Вплив праць цих корифеїв науки, як і подальше асистенство під керівництвом А.К. Болдирєва, вивели І.І. Шафрановського на широку дорогу науки, яка з легкої руки Є.К. Лазаренка (1951), нині називається ***мінералогічною кристалографією*** — *"розділ кристалографії й, відповідно, мінералогії, який вивчає морфологію, внутрішню будову й кристалогенезис (генетичну динаміку) кристалічних індивідів і агрегатів мінералів та їхніх штучних аналогів. Реальне тіло кристала розглядається нею як продукт взаємодії двох середовищ — внутрішнього кристалічного та зовнішнього кристалоутворювального. Математизація узагальнюваних положень мінералогічної кристалографії досягається за допомогою всебічного використання принципів симетрії"* [9, с. 12—13].

Ця дефініція, яка остаточно ствердила самий предмет мінералогічної кристалографії, опосередковано дає відповідь на основне питання: чому народилася мінералогічна кристалографія? Тому що виникла гостра практична потреба у цій дисципліні. Більше того, можемо говорити про вагомі успіхи мінералогічної кристалографії, пов'язані насамперед з ім'ям її фундатора — професора Шафрановського Іларіона Іларіоновича.

Спробуємо, хоча б стисло, диференційовано проаналізувати шафрановську мінералогічну кристалографію відповідно до її структури, контури та елементи якої окреслювалися вже в першому узагальненні [9]: 1) вчення про реальні кристали; 2) вчення про взаємодію кристала й середовища; 3) симетрія і симетрійна статистика в мінеральному царстві; 4) історія розвитку кристалографії.

**Вчення про реальні кристали.** Кристалографи знають, що аж до XX ст. розвиток кристалографії ґрунтувався на засадах морфології досконалих (ідеальних) кристалів. Е. Ейхвольд з цього приводу зазначив: *"у ориктогнозії* (описовій мінералогії — В.П.) *не описують спотворені форми, лише правильні"*

© В.І. ПАВЛИШИН, 2007

(Ориктогнозия, СПб, 1844, с. 44). Вже на початку XX ст. Є.С. Федоров гостро відчував необхідність нових досліджень і знань для висвітлення природи недосконалостей на кристалах, оскільки уявлення про ідеальні кристали виявилися обмеженими для їх тлумачення.

І.І. Шафрановський один із перших активно взявся розвивати вчення про реальні кристали. Його основу згодом склали нові напрацьовані ним і його учнями уявлення про позитивні та негативні різновиди простих форм, кривогранні кристали, вершинні, реберні та гранні форми, скелетні кристали, морфологію кристалічних зерен, різноманітних зростків. Особливо пишався Іларіон Іларіонович знаннями у сфері морфології вершинних, реберних і гранних форм (які строго математично схарактеризовано спільно з В.І. Михеєвим і С.Ш. Генделєвим), зокрема виведенням 1403 структурних різновидів гранних форм, новими уявленнями про морфологію гранних форм з вхідними кутами. Відкрилися нові можливості точно схарактеризувати форми скелетів, пірамід та зон росту, футлярів, фігур травлення, індукційних поверхонь, зростків. Усе це дуже добре доповнено виразними прикладами природних кристалів [6—9], чимало кількість яких, найбільше кварцу, діаманту, циркону, штучних галунів, вивчив особисто І.І. Шафрановський. Із досліджених мінералів (ним вивчено близько 30 мінеральних видів) почесне місце займають мінерали України, насамперед волинський топаз і берил з добре розвиненими фігурами розчинення [2]. З'явилося нове поняття — конуси розчинення, на основі аналізу яких відкрито додатково до закону поясів закон малих кутів, або закон конусоподібних поверхонь, які адекватно проявляються в геометрії форм розчинення.

Розробка вчення про реальні кристали тісно й взаємокорисно змикалася з напрацюваннями Д.П. Григор'єва в галузі онтогенії мінералів, завдяки чому народилося принципово нове уявлення про мінерал як кристалічний організм, що певним чином взаємодіє з середовищем, наділений елементами саморозвитку. Синтез обох вчень створив підґрунтя для строгої систематики та кількісної оцінки складних дуже спотворених кристалів (за сучасною термінологією Ю.О. Пуніна — *патологічних кристалів*), тим самим підвищується ефективність використання цих форм для геологічних і генетичних побудов, у мінералогічному картуванні.

**Вчення про взаємодію кристала й середовища.** Його основу складають два добре напрацьовані розділи [4, 5]: залежність морфології кристалів від кристалічної структури (внутрішнє середовище, за І.І. Шафрановським); залежність морфології від кристалоутворювального середовища (зовнішнє середовище, за І.І. Шафрановським). Зазначену проблему Іларіон Іларіонович вважав центральною у мінералогічній кристалографії. Одним із перших напрацювань автора в цьому напрямку був принцип динамічної поведінки кристалічної структури. Цей принцип, або *принцип Михеєва—Шафрановського,* за [1], сформульовано так: в активному середовищі (кислому або лужному) провідну роль відіграють однаково заряджені частинки (катіони або аніони), у нейтральному — ті й інші мають наче рівноправне значення. Тому, наприклад, структура NaCl поводить себе як центрогранна ґратка (октаедричні кристали) або як проста кубічна ґратка (кубічні кристали, катіони й аніони однаково активні). До таких висновків незалежно дійшов також А.Ф. Уелс.

Взаємозв'язок "морфологія — кристалічна структура мінералів" має нині декілька розв'язків. В основі одного з них, на думку В. Клебера, слід розрізняти такі підходи: 1) грань і відповідна атомна сітка відіграють визначальну роль для трактування проблеми (О. Браве, Є.С. Федоров, П. Нігглі, І.І. Шафрановський, У.Д.Х. Донней, Дж. Харкер, Н.З. Євзікова та ін.); 2) ребро має аналогічне значення (П. Нігглі, В. Клебер, П. Хартман, В. Пердок).

Голландські кристалографи, які високо шанували авторитет і досягнення І.І. Шафрановського, сформулювали в 1955 р. концепцію ПЛЗ (періодичних ланцюжків зв'язку, від англ. — periodic bond chain) щодо зв'язку морфології з кристалічною структурою. Згідно з цією концепцією, до уваги беруть не плоскі сітки, не ретикулярну щільність граней (закон Браве), а структурно важливі напрямки (П. Хартман, В. Пердок, 1955). І тут я хотів би закинути І.І. Шафрановському, який, працюючи "пліч-о-пліч" з В.С. Соболєвим над підручником "Курс мінералогії" під редакцією А.К Болдирєва, Н.К. Разумовського і В.В. Черних (1936), чомусь проігнорував дещо пізніші досягнення свого колеги В.С. Соболєва, який ще в 1949 р. сформулював таке правило: *найважливіші габітусні грані (пояси) розвиваються паралельно напрямку міцного хімічного зв'язку в кристалічній ґратці.* І хоча пріоритет концепції ПЛЗ міцно закріпився за П. Хартманом і В. Пердоком, не слід забувати, що основну ідею ПЛЗ у вигляді наведеного вище правила вперше висловив у Львові В.С. Соболєв.

Надзвичайно великого значення набули напрацювання І.І. Шафрановського, які стосуються взаємодії кристала і кристалоутворювального середовища й увійшли в науку під назвою "принцип Кюрі". Саме цей принцип, завдяки тлумаченням і прикладам Іларіона Іларіоновича, відкриває реальну можливість оцінювати стан середовища у момент кристалоутворення, у тому числі причину виникнення спотворених ("ложных") форм мінералів — так званих надформ або підформ, наділених завищеною (заниженою) видимою симетрією стосовно істинної симетрії кристала.

Отже, можемо говорити, що принцип Кюрі, запроваджений І.І. Шафрановським у геології у розширеному варіанті [9, 10], дав змогу безпосередньо наблизитися до оцінки ступеня та природи відхилення форми від кристалічної структури, вийти на двобічний характер зв'язків між мінералом і середовищем [9].

**Симетрія й симетрійна статистика у мінеральному царстві.** Можливо, помилково, але саме цей напрям своєї наукової діяльності І.І. Шафрановський оцінював найвище (як "творчий вибух") [10, 11] і пов'язував зі своїм 75-річчям (1982). В основу порівняння статистики і симетрії мінералів покладено зіставлення відносної кількості (статистичних констант) мінеральних видів (у відсотках) і відповідних порядків симетрії.

Цифри симетрійної статистики мінералів, які І.І. Шафрановський [11] узагальнив у формі *закону симетрійної мінералогічної статистики*, — відсоток мінеральних видів, які належать до певної категорії або сингонії або виду симетрії, є величина стала (точніше, тяжіє до константи) — достатньо об'єктивні, але теоретичне тлумачення їх ще недосконале. Стисло торкнемося розвитку симетрійно-статистичних уявлень І.І. Шафрановського у сучасній мінералогії.

Звернемося до нових й інших суджень і фактів, наведених у статті В.С. Урусова [3]. Насамперед Володимир Віталійович Доливо-Добровольський (1985) взяв під сумнів твердження про стійкість кількісних співвідношень у наведеній вище 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 мінералів, навпаки, поступово зменшується. Це спостереження згодом цілком підтвердилося і так само розтлумачено В.С. Урусовим. Передусім зафіксовано відносне збільшення частки рідкісних мінералів, відкриття яких, інколи лише в одному родовищі і в мізерній кількості, стало можливим в останні десятиліття внаслідок застосування сучасної техніки. У цьому процесі індекси симетричності поширених мінералів істотно більші, ніж рідкісних. Підтвердження висновку про вищу симетрію стійких і поширених мінералів стосовно рідкісних можна, на думку В.С. Урусова, отримати в процесі вивчення зміни симетрії в об-

мінних кислотно-основних взаємодіях, які приводять до своєрідного механізму "природного відбору" мінералів, підпорядкованого принципу жорстких і м'яких кислот та основ (ЖМКО):

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

У рівнянні реакції справа знаходиться стійка, відібрана природою пара речовин, зліва — "реагенти", які зазвичай не реалізуються у вигляді мінералів або належать до рідкісних видів. На конкретному прикладі видно, що утворення стійких і поширених мінералів супроводжується загальним підвищенням симетрії:

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

Отже, масштабні (глобальні) процеси в земній корі підпорядковуються великому прагненню кристалічної речовини до мінімальної дисиметризації (у розумінні П. Кюрі), яка істотно послаблюється локально в екстремальних геохімічних умовах.

Проте аналіз усього фактичного матеріалу засвідчує, що прогресивну втрату елементів симетрії первісної твердої речовини з її еволюцією в земній корі й Землі в цілому, як і дисиметризацію в біосфері, можна вважати добре встановленим фактом [3]. При цьому часткова втрата симетрії здійснюється послідовно в часі і в просторі, підпорядковуючись дії ***принципу мінімальної дисиметризації***.

У глобальному аспекті зменшення ентропії зовнішніх твердих оболонок Землі безпосередньо пов'язане зі збільшенням мінерального розмаїття, тобто зі збільшенням порядку і зменшенням ступенів свободи в розподілі атомів по позиціях кристалічних структур. Справді, якщо в нижній і середній мантіях усі хімічні елементи входять до кристалічних структур декількох мінеральних фаз, то вже у верхній мантії збільшення мінерального розмаїття зумовлює розділення хімічних елементів між окремими фазами, яке різко прогресує з переходом до земної кори, особливо в зоні гіпергенезу. Це веде до зменшення непорядку в розподілі ізоморфних атомів і зменшення так званої конфігураційної ентропії.

Отже, на основі аналізу наведеного вище закону І.І. Шафрановського і результатів новітніх досліджень симетрійної статистики мінералів зроблено такі висновки [3].

1. Середня симетрія рідкісних мінеральних видів нижча, ніж поширених, що призводить до деякого зниження симетричності мінерального царства в цілому зі збільшенням кількості нових мінералів.

2. Зміна симетрії в процесах еволюції мінералів підпорядковується принципу мінімальної дисиметризації, внаслідок чого зберігаються відносні частки структур для більшості сингоній зі зменшенням ролі кубічних структур через збільшення кількості триклінних.

3. Дисиметризація твердої речовини Землі супроводжує загальне збільшення порядку, збільшення мінерального розмаїття, що, у свою чергу, виражається у зменшенні його термодинамічної ентропії.

На основне питання: чому саме планаксіальні види, тобто види з найбагатшою симетрією в кожній сингонії, чисельно переважають у мінеральному царстві, є загальна відповідь — унаслідок дії у мінеральній природі універсального принципу Кюрі. Якщо припустити, що впродовж геологічної історії Землі кристали формувалися під впливом дії земного тяжіння, тобто кристалографічно в середовищі із симетрією конуса $L_\infty \infty P$, то ймовірність народження планаксіальних кристалів за однакових інших умов є найбільшою. Крім того, на думку І.І. Шафрановського, часткова відповідь на сформульоване вище питання міститься в законі кристалографічних меж Є.С. Федорова, згідно з яким світ кристалів ділиться на дві великі групи, представники яких за кутовими параметра-

ми тяжіють до однієї з них — або до кубічної, або до гексагональної сингонії. З аналізу підпорядкованості 32 видів симетрії випливає, що вихідними (головними) є два планаксіальні види симетрії: кубічний *m*3*m* і гексагональний 6*/mmm*. Решту планаксіальних видів можна розглядати як результат взаємодії *m*3*m* і 6*/mmm*, які водночас є підгрупами і *m*3*m*, і 6*/mmm*.

Проблему симетрійної статистики, яка хвилює також автора цих рядків у зв'язку з мінеральним складом надр України, завершимо оптимістично-підсумковою цитатою (мовою оригіналу): *"Думается, что этот замечательный закон* (закон симетрійної мінералогічної статистики — В.П.), *наглядно и математически строго связывающий симметрию (т. е. теорию) и статистику (эмпирику) минералов, является самым главным ... в кристаллографии. Надеюсь, что предстоит большое будущее. Ведь его надо до конца расшифровать теоретически, выявить его первопричины и поставить на службу геолого-минералогической практике"* [10].

Висвітлюючи внесок І.І. Шафрановського в науку, передусім як фундатора сучасної мінералогічної кристалографії, доцільно також згадати Шафрановського-педагога, який майже 40 років очолював кафедру кристалографії в Ленінградському гірничому інституті, а його підручники та популярні книги (*Кристалографія* (підручник, 5 видань, співавтор Г.М. Попов); *Симетрія в природі; Симетрія в геології* та ін.) і досі є чи не найкращими для студентів навчальними виданнями про кристали.

**Історія розвитку кристалографії.** Цей напрям своїх досліджень Іларіон Іларіонович започаткував знайомством і роботою з федорівським архівом, який врятував, впорядкував і розширив. Він підготував до друку раніше невідомі праці Є.С. Федорова, опрацював рукопис ученого "*Імператорська академія наук"*, написавши при цьому фундаментальну наукову біографію Є.С. Федорова. Не випадково перший твір на історичну тему мав назву *"Є.С.Федоров — великий російський кристалограф"* (1945). І хоча І.І. Шафрановський практично все життя самовіддано і шляхетно служив пам'яті Є.С. Федорова, повнокровно відкривши світу геніальність великого вченого, разом з тим він час від часу "по вуха" заглиблювався в історію російської та світової кристалографії, відкривав нові закономірності, узагальнював, публікував. Нині можемо підсумувати — обсяг праць І.І. Шафрановського з історії кристалографії неперевершено дивовижний: сотні статей, десятки монографій, численні доповіді та лекції. Всі вони, чи переважна більшість, просякнуті однією ідеєю — пізнання минулого науки, чинників її розвитку через дослідження життя та діяльності фундаторів і розробників науки.

І.І. Шафрановський видав наукові біографії А.К. Болдирєва, А.Г. Вернера, Р.Ж. Гаюї, А.М. Карамишева, М.І. Кокшарова, Е.Г. Лаксмана, Ф.П. Моїсеєнка, Є.С. Федорова та ін. Широкого визнання здобули його праці з історії кристалографії в Росії, насамперед монографії *"Видатні російські мінералоги"* (1949, співавтор Д.П. Григор'єв) і *"Історія кристалографії в Росії"* (1962). Ще більший резонанс отримали монографії з історії світової кристалографії: *"Історія кристалографії. Від найдавніших часів до початку XIX сторіччя"* (1978), *"Історія кристалографії. XIX ст."* (1980), *"Кристалографія в СРСР. 1917—1991"* (1996). Останні чотири праці не мають аналогів не лише у вітчизняній, але й у світовій літературі. Англійський кристалограф А.Л. Маккей у журналі "Acta Crystallographica" (1982) написав, зокрема, таке: *"Професор Шафрановський просякнутий європейською культурою (він дає власні переклади, починаючи з Одисеї) й додав життя та забарвлення багатьом знаменитостям..."*.

У грудні 1978 р. я відвідував у лікарні безнадійно хворого свого вчителя Є.К. Лазаренка. Не так фундаментально, як І.І. Шафрановський, але досить ґрунтовно він теж звертався до історії вітчизняної мінералогії, в тому числі мі-

нералогічної кристалографії. У якийсь раз я побачив дуже радісного шефа. Очі його яскраво світилися, хвороба відійшла, а в руках він тримав і задоволено листав новий проект — 5-томна "Історія мінералогії" — допрацьований і цілком схвалений його майбутнім співавтором І.І. Шафрановським. На превеликий жаль, через відомі причини проект не вдалося реалізувати. Ідея ця й сьогодні є актуальною, оскільки історія мінералогії, розрізнено висвітлена у чималій кількості статей і монографій, всеосяжно й монографічно не написана й досі.

І ще декілька особистих вражень, які залишилися в моїй пам'яті від численних зустрічей з Іларіоном Іларіоновичем у Львові, Києві, Одесі, Ленінграді, у його помешканні. Познайомився я з ним ще в студентські роки в 1959 р. під час читання у Львівському університеті ім. І. Франка лекцій з кристалографії. Саме в той час я працював над дипломною роботою, в якій запланував досконало вивчити деформовані кристали галіту, але не зовсім уявляв, як це зробити. У напівтемному коридорі геологічного корпусу я показав ці кристали І.І. Шафрановському і отримав швидку відповідь: "*Используйте метод Лауэ!"*. Іларіона Іларіоновича, який не відрізнявся добрим слухом, я не встиг допитати оскільки його оточили солідні вчені, відсторонивши мене, і я, розгублений, не з'ясувавши нічого про метод Лауе, пішов у рентгенівську лабораторію... Мені, як студенту, було надзвичайно цікаво вперше слухати лекції приїжджого відомого вченого, які я всі прослухав, але не всі зрозумів, хоча був добре підготовлений кристалографічно. Вже тоді мене, наскільки я міг оцінити, приємно вразили кристалографічні новації вченого, проста, наповнена глибоким змістом мова лектора, вміння душевно контактувати з аудиторією, розставляти акценти, сумніватися. А ще Іларіон Іларіонович був дуже доброю, доброзичливою й доступною людиною, попри всі свої відзнаки та регалії.

Пригадую такий випадок. У 1989 р. на Закарпатті під час наради з екологічної мінералогії я показав Іларіону Іларіоновичу рукопис своєї брошури *"Основні поняття мінералогії"*. За ніч вона була прочитана, виправлена, історично доповнена і охоче схвалена. Повертаючи рукопис, І.І. Шафрановський порадив мені як молодому педагогу (не за віком, а за досвідом викладання) видати сучасне, максимально наближене до геології кристаломорфологічне узагальнення. Вже на другий день ми активно обмірковували його план. У процесі розмови І.І. Шафрановський любив повторювати слова свого наставника А.К. Болдирєва: завжди тримати свою наукову роботу у такому порядку, наче ти завтра можеш померти. Я виконав побажання І.І. Шафрановського і видав посібник "Морфологія та анатомія мінералів" (2000), на жаль, після смерті вченого, але в дусі його морфологічних напрацювань.

Мав Іларіон Іларіонович і поетичний дар. Писав він про конференції, науку, книги, людей, про все, що його хвилювало. Ось що він написав нам, організаторам наради з мінералогічної кристалографії в Одесі (1984):

*Одолев пути-дороги*
*Из краев дождей и вьюг*
*Минера-кристаллологи*
*Принеслись толпой на юг!*

*Как здесь ясно поднебесье!*
*Как сияет моря гладь!*
*Как приятно нам в Одессе*
*Суть науки углублять!*

*Все мы, все мы благодарны*
*Тем, кто, славя минерал*
*Нас в Одессе лучезарной*
*Так заботливо собрал!*

Ось таким багатогранним запам'ятався мені професор Іларіон Іларіонович Шафрановський — прекрасна людина, науковий історик і видатний вчений, який всебічно й продуктивно збагатив мінералогію і кристалографію.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Павлишин В.І.* Основи морфології та анатомії мінералів. — К.: ВПЦ "Київ. ун-т", 2000. — 186 с.
2. *Павлишин В.І., Матковський О.І., Довгий С.О.* Генезис мінералів. — К.: ВПЦ "Київ. ун-т", 2003. — 672 с.
3. *Урусов В.С.* Новые уроки симметрийной статистики минеральных видов // Проблемы геологии и минералогии. — Сыктывкар: Геопринт, 2006. — С. 19—30.
4. *Франк-Каменецкий В.А., Павлишин В.И.* Новое в кристалломорфологии минералов // Минерал. журн. — 1982. — № 2. — С. 69—72.
5. *Франк-Каменецкий В.А., Павлишин В.И., Юшкин Н.П. и др.* Основные итоги и задачи минералогической кристаллографии // Там же. — 1987. — № 1. — С. 7—16.
6. *Шафрановский И.И.* Кристаллы минералов. Ч.1. Плоскогранные формы. — Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1957. — 220 с.
7. *Шафрановский И.И.* Кристаллы минералов. Ч.2. Кривогранные, скелетные и зернистые формы. — М.: Госгеолтехиздат, 1961. — 332 с.
8. *Шафрановский И.И.* Лекции по кристалломорфологии. — М.: Высш. шк., 1968. — 174 с.
9. *Шафрановский И.И.* Очерки по минералогической кристаллографии. — Л.: Недра, 1974. — 152 с.
10. *Шафрановский И.И.* Кристаллография в СССР (1917—1991). — СПб: Наука, 1996. — 191 с.
11. *Шафрановский И.И., Шафрановский Г.И.* Гармония мира минералов. — СПб.: Недра, 1992. — 79 с.