

Н. П. Юшкин

МИНЕРАЛОГИЯ НА ПОРОГЕ НОВОГО ТЫСЯЧЕЛЕТИЯ

N. P. Yushkin

MINERALOGY IS ON THE THRESHOLD OF THE NEW THOUSAND YEARS

Fields of scope and structure of mineralogy, its function, the origin and evolution of the mineralogical knowledge, cognitive approaches to minerals, a division of the mineralogy into the historical periods, the contribution of the Russian mineralogists, the mineralogy of the XXI centuries and the mineralogy of the third thousand years are considered.

Минералогическая наука внесла исключительно важный вклад в развитие естествознания. Изучая субкристаллическое и кристаллическое состояния природного вещества, изучая минералы, являющиеся элементарными составляющими горных пород, познавая закономерности возникновения, изменения и разрушения минерального мира, минералогия осветила важнейший этап эволюции природы, знаменующийся формированием твердых космических тел и обеспечивающий создание условий для зарождения жизни.

Минералогия разобралась в общих чертах в безбрежном разнообразии минерального мира, в котором сейчас известно несколько тысяч минеральных видов, приблизилась к познанию его границ, проникла до атомного и даже электронного уровня в исследовании конституции минералов, исследовала многообразие свойств минералов и показала путь их использования, разобралась в сложнейших процессах минералообразования и сумела многие из них, вплоть до сверхвысокопараметрических, смоделировать в лабораторных условиях. Благодаря ей создана ресурсная база минерально-сырьевой индустрии, создана индустрия синтетических минералов и материалов на минеральной основе.

Минералогия является одной из наиболее зрелых геологических наук. Индивидуализировавшись еще на первых этапах становления научного знания, в XX веке, и особенно в его второй половине, она и сегодня энергично развивается, входит в число весьма интенсивно прогрессирующих. Минералогия стала фундаментальной наукой о минеральном веществе и минералах, являющихся основным «строительным материалом» Земли и других планет.

Поля охвата и структура минералогии

Фундаментальность, «избранность» минералогии определяется хотя бы тем, что только она и биология имеют дело с высокоорганизованными системами — индивидами, конституция и механизмы функционирования которых, в первую очередь, определяются их внутренней структурной организацией и только через внутреннюю структуру — внешними факторами. Два дискретных мира — мир живых организмов и мир минералов, — являются высшей формой организации вещества Вселенной. Современное естествознание еще не осознало это в полной мере. С другой стороны, как подчеркнул на Съезде Всесоюзного минералогического общества в 1976 г. его тогдашний президент академик А. Г. Сидоренко, а затем развил А. Г. Жабин, фундаментальный статус минералогии поддерживается ее исключительно важным практическим значением как для развития других геологических наук, так и для экономики, культуры, общественной жизни.

Объектом минералогических исследований является минеральное вещество в геологическом пространстве и в геологическом времени, т. е. минеральный мир с его пограничьями. Минеральное вещество — это вид материи, который в отличие от поля обладает массой покоя и дискретностью. В поля охвата минералогии входят: а) само минеральное вещество, б) минералогическое пространство как компонент геологического пространства, в) процессы, механизмы и

закономерности заполнения минералогического пространства минералами, г) геологическое время в связи с историей и эволюцией минерального мира.

Элементами минерального мира являются минеральные индивиды — кристаллы и ксеноморфные кристаллические зерна. Твердая Земля состоит не меньше чем из $0.1 \cdot 10^{31}$ минеральных индивидов. Они присутствуют так же в гидросфере и атмосфере. Даже самый чистый воздух содержит около одного миллиона минеральных частиц в кубическом метре.

Современная структура минералогии отражает установившиеся методологические подходы к изучению минеральных индивидов и их естественных сообществ и концептуальных совокупностей (рис. 1). Она включает следующие главнейшие направления:



Рис. 1. Структура минералогии

- конституция минералов (состав, кристаллическая структура, анатомия, морфология);
- свойства минералов;
- систематика минералов и минералогическая эйдология;
- синминералогия (закономерное естественное сочетание минералов);
- топоминералогия;
- генетическая минералогия;
- прикладная минералогия.

Функциональность минералогии

Важнейшими чертами минералогии являются системность и функциональность.

Системность определяется строгой структурной упорядоченностью минерального мира, выявление которой представляет одну из основных целей минералогических исследований.

Функциональность отражает, наряду с познанием естественных законов минерального мира, также и целевое назначение минералогических исследований, их адресность, удовлетворение потребностей человечества.

Утилитарное отношение человека к минеральному миру неоднократно менялось в его истории, иногда весьма кардинально. Вследствие этого менялись и функции минералогии. Если в глубокой древности человека интересовал камень и минералы в том числе как орудия производства, строительные материалы, источник металлов, то первое тысячелетие этого века характерно возрастанием интереса к лечебным свойствам минералов, формированием лечебной минералогии (лапидарии), увлечением мистическими представлениями о минералах и минеральном мире. В средние века на первое место выступает культурно-эстетическое значение минералов, минералы становятся предметом роскоши. В XIX—XX веках преобладает экономическое отношение к минералам как к сырью, а сейчас, на рубеже тысячелетий, укрепляется интерес к минералу как к компоненту природы, как к объекту естествознания.

Для современной минералогии характерны четыре функции: естественно-научная, культурно-эстетическая, экономическая, физиологическая.

Естественно-научная функция минералогии включает формирование научного понятия о минералах и их минеральном мире, его структуре, свойствах, месте в общей системе природы. Важнейшей ее целью является создание общей теории минералогии, познание законов формирования, строения и развития минерального мира.

Одна из важнейших методологических проблем минералогии — это выделение наиболее достоверного, многократно проверенного знания из всего массива эмпирических и теоретических сведений. В теоретической минералогии эта проблема должна решаться путем представления накопленных минералогических данных в виде свода эмпирических законов, закономерностей, принципов, перехода от нерегламентируемого описательного языка к системе строгих законов. Это, впрочем, общая проблема геологических наук, что особенно убедительно показано в цикле работ И. П. Шарапова.

Теория минералогии развивалась именно по пути формирования законов. Для подтверждения этого достаточно напомнить о строгой системе законов минералогической кристаллографии или физико-химической минералогии.

Одними из первых минералогических законов являются известные законы Стенона (1669 г.). В частности, из закона, сформулированного Стеноном следующим образом: «...В самом теле находим доказательства, раскрывающие место и способ его создания...», вытекает принцип типоморфизма минералов, который является идейной основой современной генетико-информационной минералогии.

В качестве примеров приведем формулировки еще нескольких минералогических законов.

Закон агрегации К. Ф. Науманна (1859 г.): «...неделимые неорганической природы подчинены преобладающему закону агрегации, вследствие которого они являются образовавшимися во множестве один подле другого, один над другим и один сквозь других».

Закон увеличения разнообразия Г. Чермака (1884 г.): «...вследствие продолжающегося преобразования минералов разнообразие земной коры увеличивается. Продолжающееся увеличение разнообразия может быть названо развитием минерального царства».

Закон кристаллографической индукции А. Е. Ферсмана: «...кристаллические решетки обоих тел взаимно приспособляются, располагая некоторые свои элементы (ряды или плоские сетки) по возможности параллельно».

В современной минералогии формулируются десятки новых принципов и законов. Так, например, Н. З. Евзикова строит кристалломорфологические основы учения о типоморфизме минералов на: 1) законе целых чисел; 2) принципе динамического поведения одной и той же структуры в различных средах; 3) принципе взаимодействия собственной симметрии кристалла с симметрией питающей среды; 4) правиле пульсационного изменения ретикулярных плотностей; 5) правиле кристалломорфологического соответствия; 6) тенденции зонального распределения кристаллов в пространстве; 7) принципе вместимости. Целый ряд законов, касающихся функционирования минералогенетической информации, сформулирован в нашей книге «Теория и методы минералогии» (ЛО «Наука», 1977).

Культурно-эстетическая функция минералогии осуществляет обеспечение культурных и эстетических потребностей человека путем использования минералов с необычными свойствами (самоцветов, минералов-символов, магических минералов и т. п.). Она определяет тенденции формирования и развития моды на минералы, механизмы моды, управление модой. Одним из важных компонентов эстетического направления в минералогии являются музейное дело и минералогическая археология.

Экономическая функция минералогии определяет обеспечение экономической сферы деятельности человека необходимыми видами минерального сырья и энергии и стимулирование ее дальнейшего развития путем открытия новых минералов и полезных ископаемых, новых качеств минералов.

Минералы используются человеком как источники вещества, энергии, материалов. Каждому человеку в течение его жизни требуется 1.5—2 тыс. т различных минеральных продуктов, так что важность и ответственность экономической функции минералогии очевидна.

В системе минералогии экономическая функция выражается в рамках прикладной минералогии. Она включает минералогическое картирование, поисково-оценочную минералогию, техническую минералогию, синтез кристаллов и получение новых материалов на минеральной основе, минералогическое материаловедение и т. п. направления.

В связи с применением минералогических знаний в геологической и поисково-разведочной практике всегда стоит проблема, наиболее лаконично сформулированная А. С. Марфуниным: как увязать «суперсверхтонкое» проникновение в природу минерального вещества с глобальным характером геологических процессов? В современной минералогии эта проблема решается через представление о генетических индикаторах условий и процессов минералообразования, через учение о типоморфизме минералов и генетико-информационную минералогию, а так же путем выяснения участия и роли минералов, минерального мира в геологических процессах любых масштабов вплоть до глобальных.

Физиологическая функция минералогии охватывает изучение минералов и процессов минералообразования как компонентов среды обитания и деятельности человека. Это сингенез, взаимодействие и коэволюция живого и минерального миров, минералогические компоненты экологии человека (биоэкологии), медицинская минералогия.

Зарождение и эволюция минералогического знания

Для того, чтобы представить облик минералогии третьего тысячелетия, попытаемся проследить как зарождались, развивались и взаимодействовали важнейшие минералогические идеи в ее обозримой истории, как формировалась структура минералогии. Впервые такой анализ был сделан нами на 27 Геологическом конгрессе в Москве в 1984 году.

Наиболее информативным показателем уровня развития минералогии является число известных ей на определенный исторический момент минеральных видов.

На рис. 2 показан рост фонда минеральных видов от древнейших времен до наших дней. Конкретизация полей охвата минералогии от всего неживого мира до природного кристаллического вещества, до минерального мира в его современном понимании определялась углублением знаний об ископаемых телах, раскрывающих их неоднородную структурную и генетическую природу, совершенствованием классификаций минеральных тел. Следствием сужения

границ минералогии является ее дифференциация и формирование новых естественных наук на «отвергнутых» минералогией объектах.

Формирование новых наук в недрах минералогии происходило разными путями: а) по принципу разделения объектов исследования (геология, палеонтология, петрография, литология, учение о месторождениях полезных ископаемых, учение о каустобиолитах, гидрогеохимия, учение о минералоидах); б) по принципу создания междисциплинарных наук на основе общих методических подходов (кристаллография, кристаллохимия, кристаллофизика); в) по принципу разделения структурных уровней объектов (геохимия); г) по практическому принципу (технология синтеза минералов и т. п.).

Говоря о дифференциации минералогии нужно отметить одну очень интересную закономерность: каждая отделившаяся от минералогии наука, развиваясь самостоятельно и относительно автономно, но в тесном взаимодействии с нею, через определенный период вновь как бы возвращается в «минералогическое лоно», формируя в нем определенные направления. Так, выделение из минералогии кристаллографии компенсировалось зарождением в ней более чем через сто лет минералогической кристаллографии, отход палеонтологии — биоминералогией, геологии — топоминералогией, петрографии и литологии — учением о минеральных агрегатах и т. п., т. е. бывшее существование в системе минералогии обособившихся направлений не остается для нее бесследным.

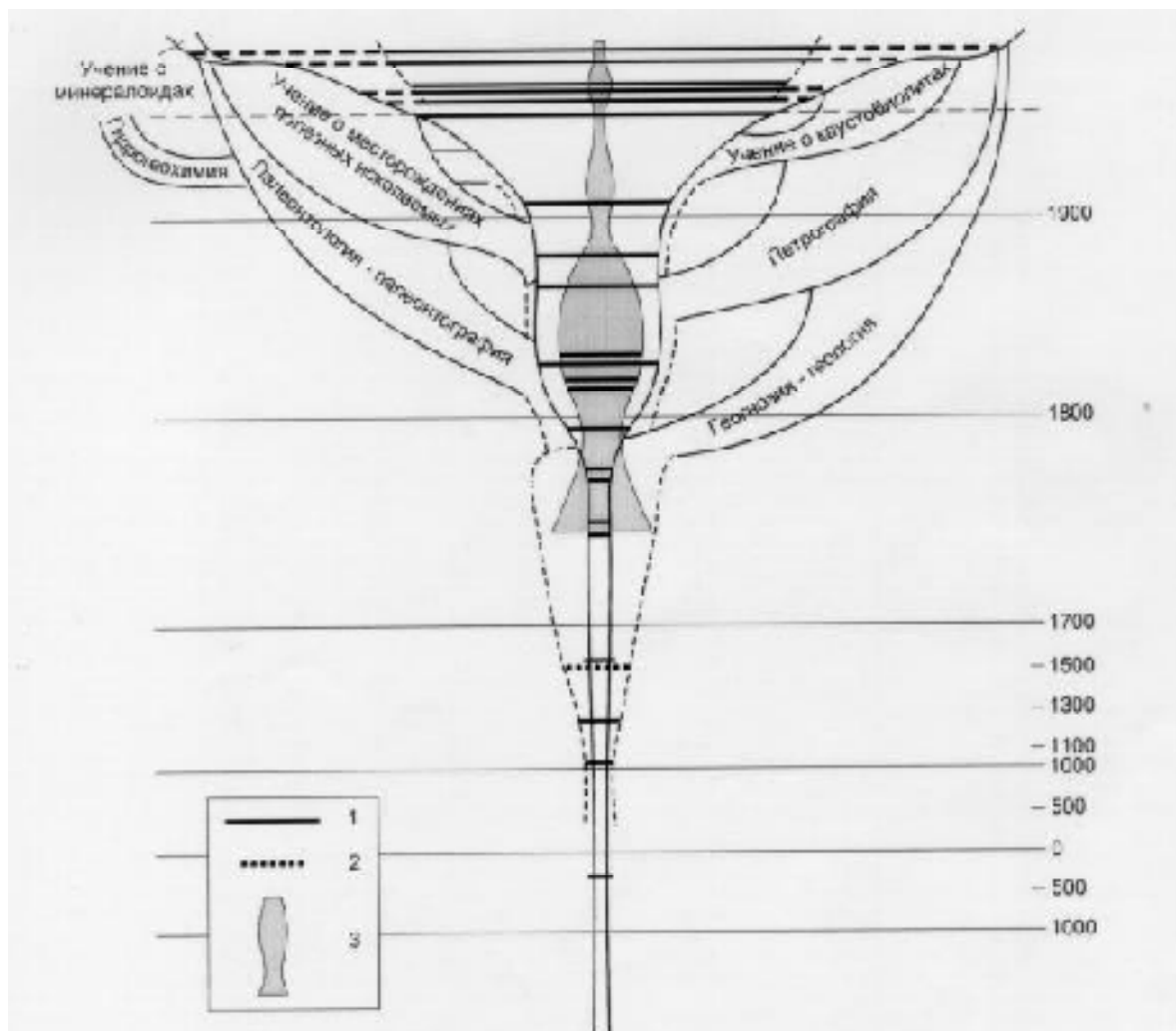


Рис. 2. Эволюция фонда минералов и дифференциация минералогии.

1 — число минеральных видов (сплошная линия) и разновидностей (пунктир) на разных исторических срезах (длина отрезка — 400 минералов); 2 — общее число ископаемых видов; 3 — изменение относительно объема разделов по систематике минералов в фундаментальных трудах

Развитие понятия «минерал» не прекращается и в настоящее время. Продолжается и дифференциация минералогии. Так, назрела необходимость обособления самостоятельной науки о конденсированном некристаллическом состоянии вещества, пограничной между минералогией и геохимией — учения о минералоидах, т. е. о природных системах, структуру которых составляют слабоупорядоченные ионные и молекулярные группировки (переохлажденные жидкости, стекла, аморфные вещества, полимеры и мономеры и т. п.).

Интересно отметить четко видную на рис. 2 закономерность: когда представления об объектах минералогии проходят перестройку, связанную с установлением неоднородности объектов, и назревают условия для дифференциации, в структуре минералогии резко повышается относительное количество исследований и рассуждений по проблемам систематики минералов. Динамика относительного объема разделов по систематике минералов в фундаментальных трудах показана крапом на рис. 2. И наоборот, когда представления о минерале несколько стабилизируются, объем систематизационных исследований относительно невелик.

В XIX и особенно в XX веках, как еще одно из следствий конкретизации представлений о минерале, происходит очень быстрое нарастание фонда минералов, который по числу минеральных видов превышает сейчас 3.7 тыс., а вместе с разновидностями — более 5 тысяч (на рубеже XVIII—XIX веков было известно не более 100 минеральных видов). Если в XVIII в. годовой прирост минерального фонда составлял около 0.5 минерала, в XIX в. — 3—4 минерала, в первой половине XX в. — 10—20 минералов, то во второй половине XX в. он неуклонно возрастает от 20 до 80—100 минералов в год. Особенно стремительно темпы открытий новых минералов нарастают на современном этапе развития минералогии, как об этом свидетельствует диаграмма на рис. 3.

Сопровождается ли рост объема минерального фонда его существенными качественными изменениями, меняется ли принципиально с увеличением числа известных минеральных видов представление о структуре минерального мира? Проведенный нами анализ изменения энтропийных характеристик распределения минералов по рангам различных минералогических классификационных систем (по видам симметрии, сингониям, рангам кристаллохимической классификации) показывает, что сингонная энтропия полностью стабилизируется в начале XIX века. Следовательно, начиная с работ Севергина-Науманна фонд минералов обеспечивал получение достоверного знания о кристаллосимметричной структуре минерального мира. Если обратиться к качественной стороне этого явления, то можно заметить, что вначале человек осваивал более высокосимметричные минералы, а со временем все менее и менее симметричные. В то же время, даже современный фонд минералов не дает возможности строго охарактеризовать кристаллохимическое разнообразие минералов: кристаллохимическая энтропия не проявляет пока еще тенденции к стабилизации.

ДИНАМИКА ОТКРЫТИЙ НОВЫХ МИНЕРАЛОВ DYNAMIC OF THE DISCOVERY OF NEW MINERALS

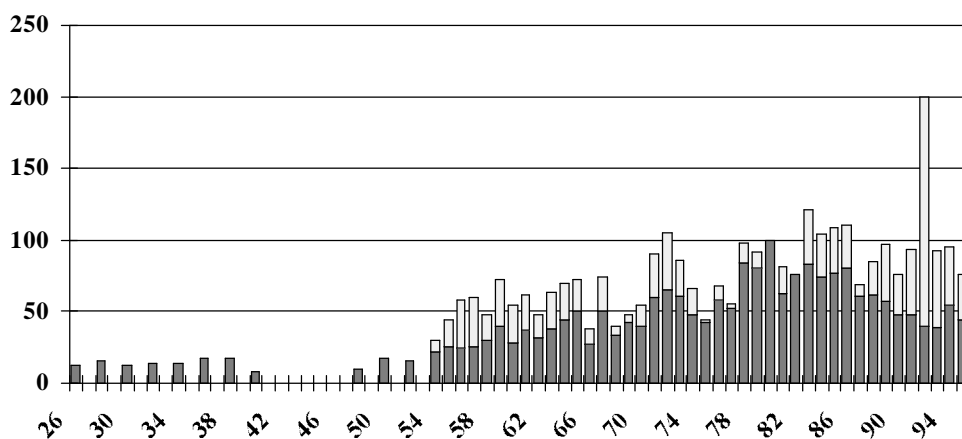


Рис. 3. Динамика открытий новых минералов.

⊕ — минералы, утвержденные Международной минералогической ассоциацией; £ — поданные заявки на новые минералы

Идейная эволюция минералогического знания заметно отражается в изменении структуры минералогии. Почти все направления современной минералогии уже существовали с середины XIX в. Многие из них зародились в XVIII в., а такие направления как систематика минералов, учение об их свойствах, главным образом, физических, учение о генезисе минералов, вопрос практического использования минералов, элементы общей теории минералогии уходят своими корнями в глубокую древность, в донаучный камневедческий период минералогического знания.

Соотношение между разделами минералогии на ее историческом пути непрерывно менялось. Например, устойчиво расширяется конституционное направление минералогии, что связано, конечно, с постоянным прогрессом в структурных исследованиях. В то же время, все увеличивающийся объем морфологических исследований с 20—30-х гг. XX века стал уменьшаться — это связано с тем, что морфологическое описание достигло высокого совершенства, точности и становится все более компактным и строгим.

Однако не количество работ, не объем знания, а научные идеи составляют сущность каждого направления. Обратим внимание на то, что самые, казалось бы, современные идеи обязательно имеют древние истоки; условия для формирования и утверждения новых идей создаются многими поколениями исследователей.

Например, современные синминералогические идеи, составляющие учение о закономерных сообществах минералов, прослеживаются глубоко в прошлое через представления о парагенезисе минералов А. Брейтгаупта (1849), о смежности минералов В. М. Севергина (1798), через учение о минеральных индивидуумах Н. И. Кокшарова (1863) и закон агрегации К. Ф. Науманна (1859), через наивные рассуждения о симпатии и антипатии минералов У. Альдрованди (1522—1605) и сведения о сочетаниях минералов и их пространственных изменениях в древних китайских сочинениях, например, Гуан-Цзы (685 г. до н. э.).

Современные представления о минералах как источниках генетической информации вытекают из учения о типоморфизме А. Е. Ферсмана (1931) и его предшественников — Ф. Бекке (1903), У. Грубенманна, П. Ниггли (1924), основу которого в свою очередь составляет известный принцип Н. Стенона (1669), а истоки самой идеи угадываются в материалистических течениях средневековой и даже доантичной философской мысли и исходят, может быть, из метода обратных умозаключений Фуклида (460—395 гг. до н. э.).

Познавательные подходы к минералам

Попытаемся показать эволюцию минералогического знания в обобщенном виде. Для каждого исторического момента совокупность фундаментальных идей можно выразить через господствующий взгляд на природу минералов, через ведущий познавательный подход к объектам минералогии. В историческом аспекте эти подходы закономерно сменяли друг друга. В современную минералогическую науку они вошли как компоненты единой теоретико-методологической системы.

Первый подход, относящийся еще к предыстории минералогии как науки, к праминералогическому этапу, характеризуется представлением о минералах как о скопаяемых телах не вполне определенной природы. Минералы рассматривались вместе с окаменелостями, горными породами, в общей системе «камней». Минералогия являлась, по сути дела, камневедением, склоняясь то к ремеслу, то к искусству, но постоянно в ней начинают формироваться элементы научной методологии и теории (труды арабских ученых, Г. Агриколы). Такие представления господствуют до XVII в., а по отдельным трудам прослеживаются и значительно позднее.

Второй подход, рассматривающий минералы как физические тела, утвердился с начала XVII в. и обязан определяющей идее о физической однородности минералов. Начало ему положили открытия первых минералогических законов (И. Кеплер, П. Стенон, Э. Бартолин, Хгюйгенс и др.). При исследовании минералов главное внимание обращается на их форму, однородность, физические свойства (А. Вернер, Р. -Ж. Гаюи, Ж. П. Роме-Делиль, Х. С. Вейс, Науман, Ф. Моос, Н. И. Кокшаров и др.). Это потребовало определенной идеализации объектов, сформировалась классическая кристаллография, появились зачатки всех важнейших направлений минералогии. Проблемы генетической минералогии сводились в основном к проблемам кристаллизации и роста минеральных индивидов, но так как химическая сторона этих

явлений не была еще известна, генетические представления носили преимущественно характер догадок.

Третий подход характеризует представления о минералах не только как об ископаемых физических телах, но и как о химических соединениях (М. В. Ломоносов, И. Берцелиус, Г. Бергман, В. М. Севергин и др.). В сочетании с физическим подходом он определил основные черты современной классификации минералов, создал учение об изоморфизме, заложил основы минералогической термодинамики и т. п. Благодаря этому подходу получило научную основу учение о генезисе минералов. В нем развивались идеи В. И. Вернадского, А. Е. Ферсмана, В. М. Гольдшмидта о минералах как продуктах химических реакций, протекающих в земной коре.

Четвертый подход, кристаллохимический, заключается в представлении о минералах как кристаллических решетках с трехмерным регулярным распределением атомов в их узлах. Этот подход, опирающийся на кристаллохимический анализ Е. С. Федорова, стал определяющим с 20-х годов нашего столетия, когда открытие М. Лауэ позволило с помощью рентгеновских лучей прощупать реальную кристаллическую структуру минералов. Кристаллохимия создала условия для синтеза физического и химического направлений, позволила выявить взаимосвязи состава, структуры и свойств минералов, прогнозировать свойства. В генетической минералогии учет кристаллохимических представлений позволил разработать довольно совершенную теорию морфогенеза минеральных индивидов, существенно уточнить физико-химический анализ минералообразующих процессов.

Результаты исследований последних трех десятилетий приводят нашу науку к новому системному взгляду на минерал как своего рода кристаллический организм.

Минерал в современном понимании — это сложная целостная функциональная система, развивающаяся по минералогическим законам. В теории, практике и методологии минералогической науки минерал рассматривается с различных позиций:

(1) как физическое тело, построенное из регулярно распределенных в пространстве атомов и поэтому характеризующееся специфическими свойствами;

(2) как химическое соединение, как гигантская молекула, как продукт природных химических реакций;

(3) как элементарная составляющая горных пород и руд, как элемент литосферы Земли и космических тел;

(4) как кристаллический организм, характеризующийся особым строением и функциями;

(5) как источник генетической информации, закодированной в его конституции и свойствах;

(6) как объект практического использования, приносящий пользу или эстетическое наслаждение.

В «организменном подходе» к минералу, таким образом, органически синтезируются традиционные физические, химические и кристаллохимические представления.

Периодизация истории минералогии

Проведенный анализ позволяет уточнить схему периодизации истории минералогии и внести в нее ряд изменений. Исходя из особенностей развития минералогии наиболее национальной представляется следующая схема.

Период практических знаний о минералах (с древности до конца VII в.)	<i>Предыстория минералогии, зачатки эмпирического минералогического знания в системе античной натурфилософии. Концентрация внимания на практическом использовании минералов и наиболее удивительных их свойствах</i>
Горнопромысловый период (VIII в. — сер. XVI в.)	<i>Зарождение минералогии как науки вследствие запросов горного дела, металлургии, алхимии, ювелирного искусства. Познание свойств минералов, разработка методов изучения и диагностики минералов, первые обобщения минералогических данных, формирование генетических представлений</i>
Физико-морфологический период (сер. XVI в.—XVIII в.)	<i>Становление научной минералогии, широкое введение</i>

количественной оценки в методы исследований, установление первых фундаментальных минералогических законов, накопление знаний о минералах

Химико-генетический период (XIX в. — 20-е гг. XX в.)	<i>Формирование точной описательной минералогии на основе исследования химического состава минералов; разработка научной классификации минералов; создание основ генетической минералогии</i>
Кристаллохимический период (20—60-е гг. XX в.)	<i>Исследование кристаллической структуры минералов на кристаллохимической основе; создание классической минералогии</i>
Современный структурно-генетический период (с 60-х гг. XX века).	<i>«Организмальный» подход к минералам. «Геологизация» минералогии.</i>

Зарождение, развитие и становление минералогии как фундаментальной науки обязано труду сотен тысяч, если не миллионов, рудознатцев, любителей камня, коллекционеров, профессиональных ученых. Если попытаться выделить из этого безбрежного многообразия творческих умов дюжину личностей, которые отражали бы переломные моменты в развитии минералогии, своеобразные «точки роста» минералогического знания, оказали бы иницилирующее влияние на смену парадигм науки, я бы ограничился следующей «обоймой» замечательных имен:

Теофраст (372—287 до н. э.)	<i>Обобщение античных знаний о минералах</i>
Плиний Старший (23—79)	<i>Систематический обзор минерального царства и попытка объяснения его природы</i>
Бируни (973—1048)	<i>Развитие методов исследования минералов, создание системы диагностических свойств</i>
Агрикола (1494—1555)	<i>Демистификация, эмпиризация и геологизация минералогии; прикладная минералогия</i>
Вернер (1749—1817)	<i>Система прикладной минералогии, классификационные признаки минералов</i>
Гаюи (1743—1822)	<i>Теория минералогической кристаллографии, основы кристаллохимии</i>
Берцелиус (1779—1848)	<i>Химическая минералогия. Химическая классификация минералов</i>
Федоров (1853—1919)	<i>Геометрическая теория структуры кристаллов, кристаллохимический анализ минералов</i>
Г. Брэгг, Л. Брэгг (1862—1942) (1890—971)	<i>Рентгеноструктурный анализ, раскрытие кристаллической структуры минералов</i>
Ферсман (1883—1945)	<i>Минералогия земной коры</i>
Белов (1891—1982)	<i>Структурная минералогия, кристаллохимия минералообразующих процессов</i>
Григорьев (р. 1909)	<i>Основы современной («высшей») минералогии</i>

Вместо некоторых из этих имен или рядом с ними можно было бы поставить имена Аристотеля, Ал-Хинди, Авицены, Бирингуччио, Лукреция, Кеплера, Стенона, Роме-де-Лиля, Шенфлиса, Кокшарова, Гольдшмидта, Вернадского, Соболева и многих других, которые только усилили бы выразительность важнейших этапов истории минералогии, но не изменили бы существенно ее общей картины.

Вклад российских минералогов

Обсуждая исторические тенденции развития минералогии нельзя не оговорить роль в ней России и российских минералогов.

Начиная по крайней мере с XVIII в., а может быть и раньше, Россия активно влияет на развитие не только отечественной, но и мировой минералогии. Это влияние определяется: а) получением уникального минералогического материала с огромных пространств России; б) активным использованием российскими минералогами западного опыта и передовых идей, превращением их из отдельных методических приемов в системный методический аппарат минералогии (особенно этим славен XVIII в.); в) разработкой собственных подходов и новых идей. Изучение истории минералогии в России, ее влияния на мировую минералогическую науку и, наоборот, обогащения за счет, в первую очередь, западной минералогии представляет поэтому огромный интерес.

Особым периодом, является советский период в истории минералогии.

Объединение многих школ с различными исследовательскими традициями (от Средней Азии до Западной Украины), теснейшее взаимодействие с минералогами стран социалистического содружества (от Восточной Европы до Китая), огромный исследовательский полигон более чем в одну шестую часть мировой суши, индустриальный характер исследований, постоянная востребованность результатов, динамичность, оперативный обмен информацией, координация, возможность быстрой мобилизации всего минералогического сообщества для решения актуальных проблем — это далеко не полный перечень особенностей минералогических исследований в советский период. Изучение истории минералогии именно сейчас, по горячим следам и свежей памяти нам представляется не только актуальным, но и абсолютно необходимым.

Изданная недавно посмертная книга И. И. Шафрановского «Кристаллография в СССР. 1917—1991» (СПб.: Наука, 1996. — 191 с.) представляет прекрасный пример подобного исследования.

И сегодня отечественная минералогия занимает лидирующее положение в мире, о чем свидетельствует, например, значительная доля публикаций российских минералогов (от 20 до 30 %) в мировой минералогической литературе, устойчивое лидерство России в открытии новых минералов (от 8 до 30 %, в среднем 25.4 % в год), формирование и развитие многих новых направлений и новых методов исследований.

Минералогия XXI века

Перейдем от ретроспективы к перспективе.

Анализируя состояние минералогии и смежных наук, уровень проработки разных направлений тенденции мировой науки, я выделил бы ряд магистральных направлений, по которым, по-моему, в XXI веке пойдет развитие минералогической науки, в русле которых сконцентрировались наиболее актуальные проблемы.

1. Разработка новой «реальной» кристаллохимии минералов на основе высокоразрешающих методов электронной микроскопии (высокоэнергетический электронный микроскоп, туннельный сканирующий микроскоп, атомный силовой микроскоп и др.), позволяющих видеть отдельные кристаллообразующие частицы (молекулы и атомы) и визуализировать кристаллическую структуру на атомном и надатомном уровнях. Эти исследования позволят сформировать представление не только об идеализированном, но и о реальном строении кристаллов, установить природу и закономерности пространственного распределения дефектов, выяснить взаимоотношения внутрикристаллических фаз, пересмотреть представления о взаимосвязи свойств и структуры кристаллов.

2. Исследование дисперсного и ультрадисперсного состояний вещества, выяснение значения масштабных эффектов в минералогии. Анализ атомно-молекулярных и надмолекулярных структур, структурное исследование протоиндивидов (квазикристаллы, фуллерены, наноиндивиды и т. д.). Разработка общей теории и методологии микроминералогии и наноминералогии. Изучение минеральных объектов, сложенных ультра- и микродисперсным минеральным веществом (глины, коры выветривания, геотехногенные образования и др.). Разработка технологических проблем ультрадисперсных руд.

3. Проблема сингенеза, взаимодействия и коэволюции живого и минерального миров. Выяснение роли минералов в происхождении и обеспечении жизни, роли организмов в процессе минералообразования и рудообразования. Разработка научных основ биоминералогии, медицинской минералогии. Исследование минералогических проблем биоэкологии. Оформление нового научного направления — витаминералогии, т. е. минералогии жизни.

4. Геотехногенез и техногенное минералообразование. Роль техногенных процессов в преобразовании минерального вещества литосферы. Негативные и позитивные следствия, влияние на состояние природной среды и здоровье человека.

5. Исследование минералов как генетических индикаторов, как писем из геологического прошлого. Создание компьютерной системы диагностики палеоусловий минералообразования по их составу, свойствам, морфологии, особенностям строения.

6. Разработка научной системы прикладной минералогии, включающей топоминералогическое изучение рудоносных районов на основе минералогического картирования с машинным хранением и обработкой информации, минералогическое прогнозирование, поисково-оценочную минералогию, технологическую минералогию, искусственное получение минералов и материалов на минеральной основе.

7. Развитие региональных минералогических исследований, создание региональных минералогических обобщений и в целом «Минералогии России».

8. Создание национального машинного банка данных по минералам, включающего кроме конституционных констант и свойств минералов генетическую и индикаторную информацию.

9. Создание методического аппарата для решения широкого комплекса геологических и космогенетических задач по минералогическим данным.

Минералогия третьего тысячелетия

Попытаемся еще более раздвинуть временные рамки прогноза и определить основные черты развития минералогии во всем третьем тысячелетии. Мне представляется, что ведущими будут три фундаментальные тенденции:

— переход от дифференциации минералогических исследований и минералогической науки к интеграции, к синтезу минералогического знания, расширение полей охвата, геологизация минералогии, развитие минералогии как компонента метагеологии и всего естествознания (это будет возможным благодаря органическому соединению человеческого и искусственного интеллекта, электронных и т. п. носителей памяти);

— возвращение от преимущественного проникновения в строение, в микромир минерала к минеральному миру в целом, к познанию структуры и эволюции минерального мира;

— переход от преимущественного «сырьевого» использования минералов, от утилизации и эксплуатации минерального мира к взаимодействию и гармоничному «срастанию» человека с минералами (создание минеральных биокомплементарных систем, имплантантов и т. п.).

Каким будет в минералогии третье тысячелетие можно предположить, если определить облик предыдущих.

Итак:

– 3 тысячелетие до н. э. и ранее

Освоение камня, практическое камневедение

– 2 тысячелетие до н. э.

Познание природы камня, его состава, попытки обобщения данных об ископаемых телах

– 1 тысячелетие до н. э.

Примитивные научные концепции, первые обобщения

+ 1 тысячелетие н. э.

Зарождение научной системы минералогии, широкое практическое освоение минералов

+ 2 тысячелетие н. э.

Многоуровневый анализ минерального мира, познание строения, состава и свойств минералов, становление минералогии как фундаментальной науки, ее дифференциация

+ 3 тысячелетие н. э.

Познание состава, структуры и эволюции минерального мира, синтез минералогического знания, геологизация минералогии, синтез живого и минерального миров

Заключение

В минералогии более чем за пятитысячелетнюю историю ее зарождения, становления и развития сделано колоссально много, но в ней по-прежнему неизведанного, загадочного остается несоизмеримо больше, чем познанного. В приближающемся новом тысячелетии неизбежны крупнейшие открытия, которые вызовут революционные преобразования в естествознании и в жизни человека. И это заставляет нас трепетно уважать нашу минералогическую науку, беззаветно служить ей.