

**ОЧЕРКИ ПО ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ И ГЕНЕТИЧЕСКОЙ МИНЕРАЛОГИИ:  
1. ЧТО ЖЕ ТАКОЕ «МИНЕРАЛ» И «МИНЕРАЛЬНЫЙ ВИД»?**

Б.Е. Боруцкий

Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН, Москва, borutzky@igem.ru

В настоящее время, существующая номенклатура и систематика минералов основывается на химических принципах, исходя из того, что минерал это, хотя и природное, но всего лишь одно из миллионов известных науке химических соединений. Однако, минералогия наука геологическая, естественно-историческая, а минерал не только химическое соединение, но *естественное геологическое тело*, основная форма существования неживого вещества в природе, устойчивая фаза минералообразующих процессов, имеющая свою геологическую историю, объект геологии. Следовательно, номенклатура минералов, их систематика и классификации должны быть *естественными*, то есть основываться не только на формальных описательных законах химии, но и отражать реальную взаимосвязь химического состава и кристаллической структуры минералов с конкретной геологической обстановкой их формирования, а также их эволюцию в геологических процессах. По аналогии с другой *естественной* наукой биологией, показано, что минералы, также как и живые организмы, могут изучаться на разных уровнях организации вещества, характеризующихся собственными элементарными дискретными системами и явлениями. *Виговой уровень* один из них, и системное понятие *минеральный вид* понятие *генетическое*.

Сделан вывод, что рекомендуемые формальные чисто химические (или кристаллохимические) критерии КНМНМ ММА не соответствуют естественным принципам выделения самостоятельных минеральных видов, так как односторонне описывают объекты минералогической науки, лишь на уровне внутреннего строения соединений, не учитывая существа минерала как устойчивой фазы геологических процессов, с естественными вариациями его состава, структуры и свойств внутри поля его стабильности.

В статье список литературы из 17 названий.

Минералогия, как часть геологической науки, является наукой *естественно-исторической*. Это значит, что она изучает *естественные объекты* такими, какими они существуют в природе (независимо от вмешательства, желаний или представлений человека), во всей их сложности, многообразии и историческом развитии. Как наука *вещественная*, минералогия, в отличие от геохимии, исследующей вещество Земли на уровне химических элементов, изучает *соединения химических элементов* (минералы). Минералы многообразны. Они различаются не только по набору соединяющихся химических элементов, но и по сложности этих соединений. Как основная форма существования неживого вещества в природе, минералы *возникают, существуют и уничтожаются*, то есть «живут» в геологических процессах; при этом, реагируя на изменение физико-химических параметров минералообразующей (или «минералосохраняющей») среды, они, естественно, могут менять и морфологию, и химический состав, и структурные особенности от своего «рождения» до «гибели».

Считается необходимым по определению, что минерал обязательно должен иметь кристаллическую структуру (подразумевается, что она может быть выявлена рентгеновскими методами). Поэтому метакolloидные и прочие тонкодисперсные образования, возникающие вследствие замедления роста зародышей, из числа минералов исключаются,

как неполноценные. Это первое из недоразумений в минералогии — кристаллическое строение тонкодисперсных агрегатов устанавливается, но более тонкими методами электронной дифракции, и, следовательно, они также имеют структуру.

Всё вышесказанное принципиально отличает объекты минералогии от объектов химии. Однако, общепринятой номенклатурой и систематикой минералов является химическая, разработанная ещё Я. Берцелиусом в 1814 г., формализованная на основе химических принципов (Курс минералогии, 1936; Франк-Каменецкий и др., 1977; От Комиссии..., 1977; Булах, 1977, 1978, 2000, 2004; Лазаренко, 1978; Бокий, 1978, 1997; Никель, Грайс, 1998; Nickel, 1992; Nickel, Grice, 1998 и др.). Химики считают её *естественной*, поскольку, по их мнению, она «одновременно является законом природы» (Бокий, 1985, 1997).

**Минералогии кто же они,  
геологи или химики?**

*«Широко простирает руки свои  
химия в дела человеческие...»*

Д.И. Менделеев

Если рассматривать «минералы» всего лишь как часть синтезированных химиками 15 миллионов «химических соединений», то нет и проблемы. Их номенклатура и систематика (классификация), как и остальных объектов химии, естественно должны быть фор-

мализованными по химическим законам, а названия соответствовать системе, разработанной «Международным союзом по химии». Для минералогов-«химиков», рассматривающих минералы только как химические соединения, это вполне нормально. В своей последней работе «Систематика природных силикатов» Г.Б. Бокий (1997) так и пишет: «Единственным достижением в классификации минералов за последние 100 лет можно считать то, что общепринятым стало характеризовать их по химическому составу» (стр. 3). «Минералогия, хотя она и рассматривается как особая наука, все же представляет учение о неорганических соединениях, образующих наш земной шар, и является лишь частью химии, на представлениях которой она базируется полностью» (стр. 18, курсив наш).

С этими представлениями ещё полвека назад был не согласен академик А.Е. Ферсман: «Минералогия, начиная с изучения минерала во всех его свойствах, кристаллических, физических, механических и кончая химическими, на фоне изучения его не как самодовлеющего тела, а как части неразрывного целого единой земной коры, именно сейчас подошла в нашей стране к постановке ряда важнейших и глубочайших проблем науки. Не надо забывать, что минерал не просто химическое соединение из учебника химии, а природное тело со всей сложностью его законов и его истории» (Ферсман, 1945. Избр. труды, Т. 5. 1959. С. 552).

Различия между «химическим» и «геологическим» подходами в минералогии наиболее болезненно обнажаются при определении основного понятия минералогии «минеральный вид».

«Минеральный вид» нередко рассматривают как наименьшую единицу организации минерального вещества (Лазаренко, 1961), «наинизший» таксон в систематике, по Г.Б. Бокию (1978, 1997). Нам представляется, что это неправильно. Понятие «вид» должно быть не наименьшей единицей, а, прежде всего, сопоставимой для всех классов и групп минералов, как простого, так и сложного состава и строения, во всём минеральном царстве. Если она таковой не является, то это уже не вид, а разновидность вида, описывающая более «тонкие» отличия, которые не могут быть сопоставлены напрямую для различных минералов. В качестве видообразующих признаков минерала, следовательно, должны быть выбраны, во-первых, наиболее существенные, а во-вторых, естественные (генетические) их характеристики и свойства.

Что предлагают нам минералоги-«химики»? Фактически, опуститься на элементарный уровень и рассматривать соотношения в минералах отдельных химических элемен-

тов. Согласно рекомендациям КНМНМ ММА, определяющим при выборе границ между минеральными видами среди непрерывных твердых растворов является «правило 50%» преобладание («доминантность») того или иного химического элемента над другими (Франк-Каменецкий и др., 1977; От Комиссии..., 1977). В последнее время «правило 50%» распространено уже на соотношения элементов в каждой из неэквивалентных позиций в структуре минерала (Nickel, Grice, 1998; Никель, Грайс, 1998). Не трудно понять, что это полностью дискредитирует минералогию, как геологическую науку, так как в минералах сложного состава и структуры, в которых выделяются более десятка только катионных структурных позиций, в каждую из которых могут изоморфно входить до трети химических элементов таблицы Менделеева (например, в эвдиалите), можно выявить бесчисленное множество вариантов, и все они, согласно рекомендациям КНМНМ, могут быть зарегистрированы как самостоятельные минеральные виды. Однако, с точки зрения геологии все они, по-прежнему, остаются эвдиалитами, образующимися во вполне определенном поле стабильности в условиях экстремально высокой щелочности минералообразующей среды.

Тем не менее, данная «диверсия» КНМНМ была с восторгом воспринята некоторыми минералогами. Спровоцированный этими рекомендациями поток «новых минералов», для названий которых уже не хватает гор, рек и имён великих ученых, затопил литературу, и угрожающий прогноз А.П. Хомякова (1990) довести число минеральных видов до  $n \cdot 10^4 - n \cdot 10^5$  (исходя из арифметического подсчета возможных сочетаний химических элементов в кристаллических структурах) становится вполне реальным. Подсчитано, что их уже описано свыше 4000 (Бокий, 1997), и воодушевленные «селекционеры» на этом не собираются останавливаться. А пора бы! А.Е. Ферсман (1938), а вслед за ним выдающиеся наши и зарубежные минералоги-геологи А.А. Сауков (1946), А.С. Поваренных (1966), И. Костов (1971), Н.П. Юшкин (1977), В.С. Урусов (1983) и др., объясняя, чем неживая природа отличается от живой, неоднократно указывали на то, что число минеральных видов в ней ограничено. А.Е. Ферсман, в частности, писал: «Вопрос о числе известных в земной коре минеральных видов в общем получает более определенное решение лишь при уточнении самого понятия минеральный вид. М.Н. Годлевский (1937) и А.Г. Бетехтин (1937) совершенно правильно ввели в определение физико-химическое начало, однако не могли избежать осложнений при анализе дисперсно-коллоидальных систем и изомо-

рфных смесей. Чисто формальные подходы к классификации таких многофазных систем неприменимы, тем более что минерал является естественно-историческим телом, для которого закономерны и определены нередко совершенно специфические и сложные системы; тем более нельзя подойти чисто формально к разделению изоморфных рядов на самостоятельные виды и разновидности» (Ферсман, 1938. Избр. труды, Т. 1. 1952. С. 846).

Минералоги-«геологи» всегда возражали против «химического» формализма в разграничении минеральных видов, требуя геологической его осмысленности. А.К. Болдырев (Курс минералогии, 1936) для двухкомпонентных соединений допускал «правило 50%» в случае непрерывности ряда, но в случае образования промежуточного соединения предлагал выделять три фазы (где «промежуточная» может быть изоморфной смесью, твердым раствором или химическим соединением переменного состава), то есть три минеральных вида — в интервалах составов 0–0.25, 0.25–0.75 и 0.75–100%. При этом подчеркивалось: «если для иного деления нет более веских оснований» (!) Однако, если изоморфная смесь не может быть удовлетворительно описана, как двухкомпонентная система, то следует применить треугольную диаграмму для трехкомпонентной системы; тогда «правило 50%» может превратиться в «правило 33%» (3 минерала), а в случае образования «промежуточных» соединений (7 минералов) содержание примесей других компонентов в фазах может не превышать уже 17%. Э.Х. Никель (Nickel, 1992) также указывает, что в тройной системе разграничительная «50% — точка» превращается в «33.3%» (в четверной системе «25%»), что необходимо учитывать при выделении полей отдельных минеральных видов. То есть разграничение минеральных видов зависит от выбора системы для их описания. Уже только это показывает, что без понимания природного процесса минеральные виды в нем не могут быть корректно выделены.

Д.П. Григорьев (1961) подчеркивает, что понятие минерального вида формулировалось, исходя из задач классификации минеральных индивидов, и представляет собой совокупность индивидов, химический и структурно *одинаковых*, но вместе с тем «минералообразование представляется теперь уже не как пассивное отложение минерального вещества и тела, а как процесс его развития, в котором прослеживаются взаимосвязанные моменты зарождения, роста и изменения минерала, проявления взаимодействия минерала и среды... На этой же основе усиливается внимание и к вопросам *разви-*

*тия минеральных видов — их изменчивости при минералообразовании под влиянием меняющихся факторов: температуры, давления и химизма среды»* (курсив наш).

## С оглядкой на биологов

*«...в каждом произведении природы мы будем видеть нечто, имеющее длинную историю...»*

Ч. Дарвин

На целесообразность сопоставления классификации минералов с биологическими классификациями указывал Г.Б. Бокий (1997): «объекты этих классификаций существуют в природе независимо от человеческой деятельности». Однако, он отмечал, что «биологические классификации осложняются тем, что для них в той или иной степени не может не учитываться явление эволюции. Этот момент отсутствует в классификации минералов» (стр. 9–10). К сожалению, результатом такого сопоставления стало только заимствование им иерархии биологических таксонов — деление минералов на *классы, подклассы, отряды, подотряды, семейства, роды и виды*. Существо биологической систематики — её *естественность и генетический смысл* выделения биологических видов, по-видимому, не были поняты или не оценены по достоинству.

Начнем с того, что в биологии (как и у нас в отношении минералов) нет общепринятого определения основного понятия — *живого вещества*, поскольку (как они считают) нет однозначных критериев, отличающих *живое* вещество от *неживого*. Биологов это не смущает (ведь изучается то, что *объективно существует*, а не то, что мы решили включать или не включать в объекты нашего изучения), но в отличие от нас, они четко осознают, что *исследуют живое вещество на разных уровнях системности и организации жизни*: «молекулярном» — «клеточном» — «тканевом» — «органном» — «онтогенетическом» — «популяционном» — «видовом» — «биогеоценотическом» — «биосферном», для которых можно выделить собственные *элементарные дискретные структуры и явления* (Яблоков, Юсуфов, 1989; Левитина, Левитин, 2002). Наиболее важные из них: молекулярно-генетический, онтогенетический, популяционно-видовой и биогеоценотический уровни исследований. Причем на всех уровнях изучение формы организации вещества химического состава и структуры молекул, из которых состоят организмы, строения клеток, тканей, отдельных органов, морфологии организмов от эмбриона до взрослых особей, видов и популяций организмов и, наконец, естественных их сообществ (биогеоценозов)

сопровождается изучением их развития, выяснением их генезиса и механизмов передачи генетической информации в ходе дальнейшей эволюции. Это очень важно.

Прежде чем рассмотреть наиболее интересующий нас *популяционно-видовой* уровень, отметим, что некоторые наши обеспокоенные «минералогии-химики» в последнее время пытаются внушить нам, что все биологические *видовые* отличия можно свести к фундаментальным химическим различиям в строении молекул ДНК и со временем «свести все многообразие органического мира к биохимическим (то есть химическим) признакам. И в предвкушении таких перспектив они находят опору для насаждения химической классификации и в минералогии. Это примитивное упрощение! Не имея возможности вдаваться в подробности (Левитина, Левитин, 2002), отметим, что на *молекулярно-генетическом* уровне в молекулах ДНК действительно имеются особые «участки» — *гены*, контролирующие («кодирующие») их *редупликацию*, то есть разрыв (с участием особого фермента ДНК-полимеразы) водородных связей между пуриновыми и пиримидиновыми основаниями, скреплявшими двойную спираль ДНК, и последующий синтез комплементарных нитей (то есть дальнейшее «удвоение» каждой из разорванных нитей ДНК). Таким путем «хранящаяся» в генах наследственная информация действительно передается внутриклеточным управляющим системам при синтезе макромолекул клеточного белка организмов по матричному принципу. Однако, эта передача происходит путем *конвариантной редупликации* — самовоспроизведением с изменениями, единственным специфическим для жизни на Земле свойством, обеспечивающим появление бесконечного числа изменений (*мутаций*), передающихся по наследству, но не всегда сохраняющихся в наследуемых популяциях. При этом наименьшим элементом возникающих мутаций является даже не ген, а одна из соединяющихся пар нуклеотидов ДНК. В настоящее время детально изучены молекулы ДНК *примитивных* дискретных живых частиц (вирусы, фаги, бактерии, простейшие эукариоты) и свободно размножающихся половых клеток многоклеточных организмов, которые действительно обладают *относительно высокой степенью стабильности*, что обеспечивает возможность идентичного их самовоспроизведения (*наследственности*). Но и оно идет обязательно с *внесением изменений*, что вытекает из физико-химических свойств самих громоздких молекул ДНК, поскольку *степень стабильности* любой сложной молекулярной и сверхмолекулярной системы *ограничена* и время от времени *претерпевает*

*структурные изменения* в результате движения атомов и молекул. Если эти изменения сразу же не приведут к летальному исходу, они, согласно закону Тимофеева-Ресовского, путем конвариантной редупликации будут многократно усиливаться, что *даст возможность передачи по наследству и дискретных отклонений от исходного состояния*. Следовательно, образование видов на молекулярно-биохимическом уровне связано как со стабильностью, так и с изменчивостью ДНК.

Но видообразование идет не только на молекулярно-биохимическом уровне. На *онтогенетическом уровне*, в ходе жизни *особей (индивидов, индивидуумов)*, от их рождения до смерти, происходит не только реализация наследственной информации, но и проверка жизнеспособности данного генотипа организмов путем естественного отбора. Это, как бы, многократный природный эксперимент по продолжению и эволюции жизни на Земле.

Нас, в первую очередь, конечно, интересует *популяционно-видовой уровень* организации живого вещества. Понятие вид в биологии было введено Аристотелем (384 — 322 гг. до н.э.), и после работ Дж.Рей (1627 — 1705) и К.Линнея (1707 — 1778) стало основополагающим. Однако, представление о постоянстве, неизменяемости видов сразу же привело к креационизму — идеи божественного их сотворения. В борьбе с креационизмом сформировался трансформизм Ж.-Л. Леклерка де Бюффона (1707 — 1788) и Ж.-Б. Ламарка (1744 — 1829), и скоро любую изменчивость организмов в природе стали отождествлять с видообразованием. (Как это знакомо по тому, что сейчас творится в минералогии.) В начале XX в. *типологическая концепция о негеломности вида* рухнула окончательно, и основной единицей классификации в биологии стал не вид, а понятие *географическая раса* — бинаминальная номенклатура сменилась тринминальной, куда кроме *рода и вида* стали входить ещё и *подвиды*. (Например, *Vulpes vulpes vulpes* лисица среднерусская, *V. vulpes stepensis* лисица степная.) Когда выяснилось, что подвиды тоже непостоянны, стали различать *сезонные, экологические, физиологические* и др. *расы*. В результате, традиционные «линнеевские» виды распались на сотни и тысячи наследственно устойчивых мелких форм. Например, вид пшеницы обыкновенной *Triticum vulgare* Vill. был разделен на несколько тысяч более мелких видов. Такое положение дел привело к тому, что основополагающее биологическое понятие *вид*, казалось, полностью себя изжило (Яблоков, Юсуфов, 1989).

Лишь в начале 30-х годов XX в., благодаря работам школ Н.И. Вавилова в СССР и



Дж.Клаузена в США, проблема вида стала приближаться к современному её решению — появилась *биологическая концепция вида*. Вид оказался сложной генетической системой: особи одного вида имеют общий генофонд и защищены от проникновения генов другого вида естественными барьерами изоляции. Оказалось, что вид может включать в себя различные по строению и образу жизни формы (*подвиды, популяции*), представители которых могут время от времени скрещиваться и давать плодовитое потомство. То есть между видами, подвидами и популяциями возможны переходы. Такова *современная концепция политипического вида*, объединяющая, казалось бы, противоречивые точки зрения на вид, как *основную структурную единицу органического мира*, и на вид, как *сложную развивающуюся генетическую систему*. Согласно А.В. Яблокову и А.Г. Юсуфову (1989), *вид — это совокупность особей, с общими морфофизиологическими признаками, способных скрещиваться друг с другом, давая плодовитое потомство, формирующих систему популяций, образующих общий ареал*. Однако, ни морфологические, ни географические, ни физиолого-биохимические различия по отдельности не могут служить универсальными видовыми признаками. То есть главным критерием вида оказывается *генетическое единство* организмов. *Виды оказываются не генетически замкнутыми (закрытыми), а генетически устойчивыми системами*. Не будем уж рассматривать *филогению видов* — ясно, что за время существования жизни на Земле эволюционировали не только биологические виды, но и отдельные их роды, классы и даже типы организмов.

### Минерал на разных уровнях организации минерального вещества

«Минерал есть не только физико-химическая система, он есть природное тело, часть сложнейшей геологической обстановки, и он не может не изучаться поэтому только в связи с этой обстановкой, во всем сложном анализе тех многочисленных факторов, из которых она складывается.»

А.Е. Ферсман

Полагаем, что и в минералогии, по аналогии с биологией, можно выделить разные уровни изучения минерального вещества, что позволило бы лучше определить место понятия *минеральный вид* среди других номенклатурных единиц.

1. *Атомно-кристаллохимический уровень*. Это собственно то, что знают и чем за-

нимаются все минералоги. Из аналогий с биологией очевидно, что на этом уровне и в минералогии могут быть выделены свои собственные *элементарные дискретные структуры* — атомы и их группировки и явления — объединение их в кристаллические структуры с различного типа «химическими» связями. Но это еще не *минеральные виды*. Точно также, как в биохимии далеко не все сводится к строению молекул ДНК, и специализированно изучаются последовательно образовавшиеся в результате синтеза белка *клетки, ткани, органы* организмов, так и в минералогии изучается атомное строение вещества и закономерности поведения в них как отдельных атомов, так и обособленных дискретных *групп атомов* (например,  $\text{SiO}_4$ -тетраэдров) — полимеризация тетраэдров в диорто-, различные цепочечные, ленточные, слоистые и каркасные радикалы, соединение их с разновеликими и разнозарядными катионами. Трансляция этих элементов (по матричному принципу) в пространстве до бесконечных кристаллических структур позволяет выделить периоды идентичности и *элементарные ячейки*. Как и в биологии, в процессе роста минерала, при переходе от структур ближнего порядка (элементарных ячеек) к структурам дальнего порядка (макрообъемам вещества) возникают и транслируются видоизменения (сравнить с мутациями) — дефекты, дислокации, ошибки в упаковке атомов (политипия), замещение  $\text{SiO}_4$ -тетраэдров  $\text{AlO}_4^-$ ,  $\text{FeO}_4^-$ ,  $\text{VO}_4^-$ ,  $\text{PO}_4^-$ -тетраэдрами, а катионов — микропримесными элементами (изоморфизм), включение целых фрагментов одной структуры в другую (доменное строение, полисоматизм), химическое и структурное упорядочение атомов (например, Si/Al-упорядочение в каркасе полевых шпатах и других алюмосиликатов), двойникование и др.

Так же как и живые организмы, минералы различаются по степени сложности своей организации: есть самородные элементы (аналоги примитивных одноклеточных организмов), интерметаллиды, минералы простого и более сложного переменного состава, представляющие собой твердые растворы, изоморфные смеси, структуры со смешанными радикалами, смешанослойные силикаты, «ячеистые» цеолитоподобные структуры, силикаты с разорванными каркасами и др. — результат сложного приспособления кристаллизующейся минеральной фазы с меняющейся по составу и свойствам минералообразующей средой.

Матричное строение кристаллической структуры минералов описывается пространственной *симметрией* в расположении атомов. Кроме 14 известных типов решеток

О.Бравэ, 32 видов симметрии и 230 стандартных пространственных групп Е.С. Федорова, в последнее время выделяют нестандартные пространственные группы, кроме *общей* симметрии структуры — *локальную* симметрию отдельных её фрагментов. Последнее особенно важно для описания координации микропримесей в дефектах кристаллов спектроскопическими методами анализа и объяснения ряда физических свойств минералов. Различают *симметрию ближнего и дальнего порядков*, отражающих различия в строении микро- (в элементарной ячейке) и макрообъемах минерального вещества. Отсюда ясно, что симметрия отражает абстрактный порядок в расположении атомов в структуре, и её изменение может быть вызвано разными причинами, то есть она вторична и не может быть определяющим фактором для выделения минеральных видов.

2. *Онтогенетический уровень*. Как и в биологии, на этом уровне изучаются закономерности роста отдельных индивидов — кристаллов (зерен) и их агрегатов. Детальный обзор исследований на этом уровне дан в «Онтогении» Д.П. Григорьева (1961) — от зарождения зародышей до разных видов роста и перекристаллизации индивидов и агрегатов. Для нас важно, что кристалл эволюционирует в ходе роста — может меняться и его морфология, и химический состав, и особенности кристаллической структуры, и симметрия, возникают зоны роста или сектора граней, существенно различающиеся по составу и свойствам. Поскольку, согласно Е.К. Лазаренко (1963), *минеральный вид — совокупность минеральных индивидов однотипной структуры и состава, изменяющегося в определенных естественных пределах, то индивиды, характеризующиеся непрерывным изоморфизмом, должны быть отнесены к одному минеральному виду, а отдельные члены этого ряда к разновидностям данного вида*. Совершенно не принципиально меняется ли при этом содержание изоморфной примеси сверх 50 отн.% или нет (тем более в отдельно взятой структурной позиции), так как исследуется реальное минеральное вещество, и реальные вариации его состава при изменении физико-химических условий минералообразующей среды. В биологии *вид — это совокупность индивидов*. Поэтому обратные случаи, когда внутри одного и того же минерального индивида (кристалла, зерна) выделяют несколько минеральных видов в отдельных зонах роста или секторах кристалла (например, *гафнон* в зонах роста цирконя, в которых  $\text{Hf:Zr} > 50:50$ ), по нашему мнению, есть номенклатурная нелепость. Исследования на онтогенетическом уровне должны охватывать также и твердофазовые превращения внутри

индивидов (фазовый распад, полиморфные переходы, структурное упорядочение, микродвойникование), поскольку они происходят при изменении условий на определенной стадии существования минерального индивида, хотя и после его кристаллизации. Это вносит свои осложнения в проблему выделения и разграничения минеральных видов, но таково реальное строение исследуемого минерального вещества.

3. *Видовой уровень*, к которому мы уже перешли, является центральным в данном исследовании и призван определить критерии, по которым следует разграничивать отдельные *минеральные виды*, а также *виды и разновидности минерального вида*. Из аналогий с биологией можно сделать ряд выводов. Во-первых, *вид — это генетическое понятие*, и его содержание определяется не только химическим составом и кристаллической структурой, но главным образом поведением в геологических процессах. Мы не знаем *филогению* минеральных видов — когда, как и в каких формах химические элементы на Земле сформировали химические соединения, какие при этом были физико-химические условия и как они эволюционировали. Но мы знаем, что одни и те же химические элементы при высоких давлениях и температурах образуют совершенно другие соединения, чем при умеренных и тем более гипергенных условиях. Мы знаем, что химические элементы на Земле каким-то образом разделялись, дифференцировались. Гораздо лучше (хотя и далеко не для всех групп) мы знаем *онтогению* минералов. Там, где не хватает природных наблюдений, нам помогают физико-химические эксперименты, синтез утраченных, реликтовых, неустойчивых соединений. Они помогают нам воссоздать реконструировать минералы на ранних стадиях их существования. Именно в результате онтогенетических исследований мы определяем те реальные совокупности эволюционирующих минеральных индивидов, которые мы можем объединить в реально существующие *минеральные виды*. По нашему мнению, *минеральный вид — это естественная совокупность минеральных индивидов, которые в пределах поля его стабильности способны в определенных пределах менять и химический состав, и особенности кристаллической структуры в соответствии с изменением физико-химических условий минералообразующей (минерало-сохраняющей) среды, и за пределами которого они разрушаются или замещаются другими минералами*.

Во-вторых, *вид — это основная, соизмеримая номенклатурная единица, но не наименьшая*: в биологии внутри вида выделяют *подвиды* (наши *разновидности*), сорта, расы, попу-

ляции, которые, как мы видели, в биологической классификации не менее значимы, чем виды. То же самое целесообразно выделять и среди минералов, для характеристики вещества на разных стадиях процесса или в различной геологической обстановке. *Разновидности* по химическому составу, структуре, морфологии, способу образования и т.п. в минералогической номенклатуре должны стать более значимыми при анализе, например, типоморфизма минералов.

В-третьих, разные группы минералов различаются по сложности своей организации также, как и живые организмы, для которых невозможно выделить общие *видообразующие признаки* и главным критерием является *способность воспроизводить себе подобных*; по-видимому, в разных группах минералов также оправдано выделять минеральные виды по своим собственным критериям, не подгоняя их под всеобщие шаблоны.

*Минеральный вид* — понятие абстрактное, но оно обобщает и «поглощает» свойства и поведение конкретных минеральных индивидов. Поскольку это кристаллическая фаза в минералообразующем процессе, она отделяется от сосуществующих фаз *поверхностью раздела*. Наличие четкой поверхности раздела является важнейшим критерием при выделении минеральных видов. Зоны роста и сектора граней не имеют поверхности раздела и принадлежат единому включающему их минеральному индивиду и, следовательно, относятся к одному и тому же минеральному виду. С другой стороны, продукты фазового распада (например, пертиты) имеют поверхность раздела, и сосуществующие внутри единого блок-кристалла полевую шпата микроклин и альбит являются разными минеральными видами. Однако, на ранней высокотемпературной стадии фазового распада сосуществующие K,Na- и Na,K-полевые шпаты (с высоким содержанием изоморфной примеси противоположного компонента) при рентгеновском их изучении обнаруживают различия в параметрах ячейки *a* при равенстве параметров *b* и *c*, что указывает на сохранение общего Si,Al-каркаса в «распавшемся» полевом шпате. Очевидно, что в этом случае мы не имеем права выделять микроклиновую и альбитовую фазы и имеем дело с одним минеральным видом — K,Na-полевым шпатом. Последнее указывает на то, что содержание понятия минеральный вид конкретно и может меняться при разных физико-химических параметрах.

И последнее. Из изложенного очевидно, что односторонне изученные лишь химическими и структурными методами зарегистрированные КНМНМ ММА «новые минералы» чаще всего являются разновидностями уже

известных минералов, так как связаны с ними постепенными вариациями химического состава с локальной перестройкой симметрии позиций при вхождении в них изоморфных примесей (Боруцкий, 1997). Детальное изучение их поведения в геологических процессах настолько конкретизирует данные о реальных минералах и их группах, что новейшие рекомендации КНМНМ ММА становятся просто нелепыми. Эти правила, по сути дела, являются стыдливым прикрытием нашего незнания минералов.

## Выводы

Таким образом, главные недоразумения вокруг номенклатурных проблем в минералогии возникают из-за непонимания многими исследователями того, что минералогия, как часть геологии, является *естественно-исторической наукой*, и следовательно, понятие минеральный вид является понятием генетическим. Если это утверждение принимается, то отсюда следует несколько выводов:

1. Изучение минерального вещества производится на различных организационных уровнях; при этом объекты этого изучения атомы, химически связанные их комплексы, структура, симметрия, дефекты, кристаллы, их агрегаты, минеральные виды и индивиды, разновидности, и изучаемые явления — изоморфизм, полисоматизм, политипия, полиморфизм, кристаллизация, рост кристаллов, метасоматизм, твердофазовые превращения, типоморфизм и др., на разных уровнях различны. В каждой из этих областей возможны свои классификации (систематики химических соединений, структур, дефектов и т.д.), отражающие успехи в области кристаллохимии, физики минералов и т.п. Ограничение минералогической науки изучением минералов только на одном уровне (например, *химическом*), превращение ее только в описательную науку, переадресация изучения поведения минералов в геологических процессах другим наукам — петрологии, литологии, геохимии, по нашему мнению, приведет к превращению минералогии в химию и ее уничтожению как геологической науки.

2. Изучение минералов на *видовом* уровне отражает их поведение как фазы геологических процессов, основной формы существования неживого вещества в природе. *Минеральный вид* — это совокупность минеральных индивидов, реально существующих в определенном *поле стабильности*, в пределах которого, в соответствии с изменением физико-химических параметров среды, могут направленно *меняться* как *химический состав*, так и *особенности кристаллической структуры*, за пределами которого он унич-

тожается или замещается другим минералом. Реально наблюдаемые в структуре изоморфные замещения (независимо от того, приводят ли они к доминантности какого либо компонента или нет), проявления зональности или секториальности роста, химическая или структурная упорядоченность, проявление полиптиши и т.п. не приводят к образованию самостоятельного минерального вида, если они проявляются внутри поля стабильности.

3. *Минеральный вид* является не наименьшей, а сопоставимой номенклатурной единицей. С целью детализации поведения минералов в поле их стабильности могут выделяться соответствующие условные *разновидности* по морфологии, химическому составу, структуре, физическим и спектроскопическим свойствам и т.п. Выделение разновидностей имеет в минералогии не меньшее значение, чем выделение минеральных видов.

4. Разграничение и выделение новых минеральных видов должно проводиться в результате детального физико-химического изучения минералов, получения и публикации доказательств самостоятельного существования соответствующих минеральных фаз в той или иной конкретной геологической обстановке, а не в результате волевого решения каких-либо комиссий, сколь бы авторитетными не были входящие в их состав исследователи.

Исследования финансово поддержаны РФФИ (проект № 03-05-64139).

## Литература

- Бокшай Г.Б. К вопросу об определении основных понятий минералогии // Основные понятия минералогии. Киев: Наукова Думка, **1978**. С. 11 – 16.
- Бокшай Г.Б. Перспектива создания естественной классификации химических соединений, в том числе минералов // Тр. Ин-та геологии и геофизики. Новосибирск, **1985**. Вып. 610. С. 1 – 11.
- Бокшай Г.Б. Систематика природных силикатов // Итоги науки и техники. Сер. Кристаллохимия. Т. 31. М.: ВИНТИ, ЗАО «АСТР-КОСМОСИНФОРМ», **1997**. 192 с.
- Боруцкий Б.Е. О минералах переменного состава с переменной структурой // Тез. докл. к IX съезду Минералогического общества при РАН, посвященному 275-летию Российской Академии Наук. СПб., **1999**. С. 201.
- Булах А.Г. К принципам определения понятий «минерал» и «минеральный вид» и разработки номенклатуры минералов // ЗВМО. **1977**. Ч. 106. Вып. 6. С. 725 – 729.
- Булах А.Г. О содержании понятий «минерал» и «минеральный вид» // Основные понятия минералогии. Киев: Наукова Думка, **1978**. С. 43 – 45.
- Булах А.Г. Критерии самостоятельности минерала и могут ли быть у минерала структурные и химико-структурные разновидности // Минералогические музеи в XXI веке. СПб.: Изд. СПбГУ, **2000**. С. 26 – 28.
- Булах А.Г. Химические, структурные и химико-структурные разновидности минералов // ЗВМО. **2004**. Ч. 133. № 5. С. 1 – 9.
- Григорьев Д.П. Онтогенез минералов. Львов: Изд. Львовск. Ун-та, **1961**. 284 с.
- Костов И. Минералогия. М.: Мир, **1971**. 585 с.
- Курс минералогии (Ред. проф. А.К. Болдырев, доц. Н.К. Разумовский и доц. В.В. Черных). Л.-М.: ОНТИ НКТП. СССР, **1936**. 1051 с.
- Лазаренко Е.К. Основы генетической минералогии. Львов: Изд-во Львовск. Ун-та, **1963**. 410 с.
- Лазаренко Е.К. Таксономические категории минералогии // Основные понятия минералогии. Киев: Наукова Думка, **1978**. С. 16 – 29.
- Левитина Т.П., Левитин М.Г. Общая биология. Словарь понятий и терминов. СПб.: Паритет, **2002**. 544 с.
- Никель Е.Х., Грайс Д.Д. КНМНММА: Правила и руководства по номенклатуре минералов, 1998 // ЗВМО. **1999**. Ч. 128. № 2. С. 51 – 65.
- От Комиссии по Новым Минералам и Названиям Минералов Всесоюзного Минералогического общества АН СССР о критериях, используемых при рассмотрении новых минералов. // ЗВМО. **1977**. Ч. 106. Вып. 6. С. 686 – 688.
- Поваренных А.С. О распространенности химических элементов в земной коре и числе минеральных видов // Минерал. сб. Львов. Ун-та. **1966**. № 20. Вып. 2. С. 178 – 185.
- Сауков А.А. О причинах ограниченности числа минералов // Вопросы минералогии, геохимии, петрографии. М.-Л., **1946**. С. 209 – 218.
- Урусов В.С. Почему их только две тысячи // Природа. **1983**. № 10. С. 82 – 88.
- Ферсман А.Е. О числе минеральных видов // Докл. АН СССР. **1938**. Т. 19, № 4. С. 271 – 274. (Избр. труды. М.: Изд-во АН СССР, **1952**. Т. 1. С. 846 – 849).
- Ферсман А.Е. Задачи минералогии в нашей стране // ЗВМО. **1945**. Ч. 74. Вып. 1. С. 10 – 24. (Избр. труды. М.: Изд-во АН СССР, 1959. Т. 5. С. 550 – 565).
- Франк-Каменецкий В.А., Булах А.Г., Каминская Т.Н. и др. От Комиссии по новым минералам и названиям минералов Всесоюзного минералогического общества: О критериях, используемых при рассмотрении новых минералов // ЗВМО. **1977**. Ч. 106. Вып. 6. С. 686 – 688.
- Хомяков А.П. Минералогия ультраапатитовых щелочных пород. М.: Наука, **1990**. 200 с.
- Юшкин Н.П. Теория и методы минералогии. Л.: Наука, **1977**. 291 с.
- Яблоков А.В., Юсуфов А.Г. Эволюционное учение (Дарвинизм). Учебник для биол. спец. вузов, 3-изд. М.: Высшая школа, **1989**. 335 с.
- Nickel E.H. Solid solutions in mineral nomenclature // Canad. Miner. **1992**. Vol. 30. P. 231 – 234.
- Nickel E.H., Grice J.D. The IMA Commission on New Minerals and Mineral Names: procedures and guidelines on mineral nomenclature, 1998 // Canad. Miner. **1998**. Vol. 36. P. 1 – 14.