

УДК 549.001.4

СИСТЕМА МИНЕРАЛОГИИ: КЛАССИФИКАЦИИ, ПРОСТРАНСТВА ТОЛЕРАНТНОСТИ, СТРУКТУРЫ

Ю. Л. Войтеховский

*Российский государственный педагогический университет им. А. И. Герцена,
наб. р. Мойки, 48, 191186, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация,
vojtehovskijj@herzen.spb.ru*

Система минералогии представима в разных стилях. Сегодня преобладают классификации минеральных видов с акцентом на кристаллической структуре или химическом составе минералов. Перспективны пространства толерантности, базирующиеся на отношениях частичного сходства их структур и химических составов. Наконец, возможны логические структуры с различными по смыслу отношениями порядка для минеральных видов и серий. Перспектива системы минералогии состоит в использовании разных подходов, дополняющих друг друга.

Ключевые слова: система минералогии; минеральный вид; минеральная серия; классификация; пространство толерантности; структура.

SYSTEM OF MINERALOGY: CLASSIFICATIONS, TOLERANCE SPACES, STRUCTURES

Yu. L. Voytekhovsky

*A. I. Herzen Russian State Pedagogical University, 48, river Moika emb., 191186,
Saint Petersburg, Russian Federation, vojtehovskijj@herzen.spb.ru*

The system of mineralogy can be presented in different styles. Today, classifications of mineral species with emphasis on the crystalline structure or chemical composition of minerals prevail. Tolerance spaces based on relations of partial similarity of their structures and chemical compositions are promising. Finally, logical structures with different order relations for mineral species and series are possible. The perspective of the system of mineralogy consists in the use of different approaches complementing each other.

Key words: system of mineralogy; mineral species; mineral series; classification; tolerance space; structure.

Введение. Логически корректные представления природных систем – актуальная проблема геологии. Р. Декарт в «Рассуждении о методе» провозгласил анализ и синтез равноправными процедурами мышления. Дополнительные – да, равноправные – нет. История естественных наук показывает, что расчленение целого на части вплоть до элементов выполняется легче. Лишь в зрелом состоянии каждая наука в результате отбора

логических конструкций осознает свой предмет как систему с ясно определёнными отношениями. Минералогия – хороший пример.

Классификации. Уже на эмпирической стадии естественные науки систематизируют свои объекты. Определяя, мы отождествляем или различаем их, попадая в ловушку классификаций с рефлексивными, симметричными и транзитивными отношениями эквивалентности между элементами. Имеет место и обратное: всякая классификация порождает отношение эквивалентности «принадлежать одному классу» [1]. Обычно в естественных науках классификации строятся из «здравого смысла». Минералогия исповедует конституционный принцип, соединяя химический состав и (с открытием фёдоровских групп и рентгеновских методов) структуру минерала. Ряд авторов следует начать с Я. Берцелиуса (1814–1824), придавшего минералам химические формулы, и первых изданий «Системы минералогии» (Дэна и др., 1837, 1844, рус. 1951, 1953), продолжив современными (Бетехтин, 1950; Поваренных, 1966; Костов, 1971; Strunz, 1978; Годовиков, 1979; Семёнов, 1981; Херблат, Клейн, 1982; Берри и др., 1987; Clark, 1993; Bokij et al., 1994; Bulakh et al., 1995; Бокий, 1997; Anthony et al., 1997; Gaines et al. 1997; и др.)

Главное достоинство классификации – строгое различение понятий, обеспечивающее непротиворечивость мышления. Классификация может служить основанием для прогнозов (например, различных свойств минералов по химическому составу и структуре) или источником новых проблем (например, о природе «триклинной инверсии» и неравномерного распределения минеральных видов по пространственным группам симметрии). Отдавая должное виртуозам диагностики структур и химических составов минералов, открывателям новых минеральных видов и создателям их классификаций, заметим, что это – простейший способ представления системы минералогии. По сути, классификация скорее делит целое на части, чем создает его из частей. Ее границы непроницаемы. У ее разных классов – ничего общего.

Пространства толерантности. Система минералогии представима и как пространство толерантности с рефлексивным и симметричным отношением между элементами [1]. От классификации его отличает отсутствие транзитивности бинарного отношения по цепочке элементов. И это приводит к иному представлению. Толерантность называют частичным сходством из-за следующего примера. Пусть минералы А и Б сходны в том смысле, что содержат хотя бы один общий (структурообразующий) химический элемент, Б и В – тоже. Очевидно, А и В могут оказаться не сходными. По этому принципу в виде пространства толерантности представима система Я. Берцелиуса, основанная на химических составах минералов. Этот общий взгляд на химические соединения предложила

Н. Л. Смирнова [2]. Если под сходством понимать наличие общего химического элемента или принадлежность к одной пространственной группе, то все современные минералогические классификации легко преобразуются в пространства толерантности.

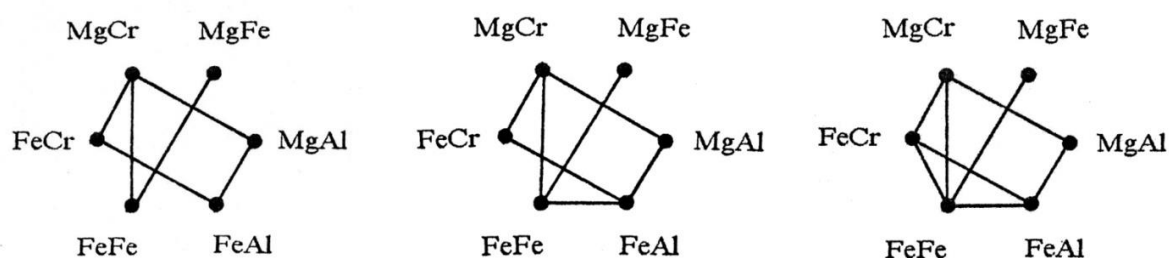
Как и классификации, пространства толерантности требуют строгого определения элементов – иначе нельзя установить их сходство или различие. Принципиальное отличие от классификаций — переходы от одного класса толерантности к другому через общие элементы. Любая классификация – вырожденный случай пространства толерантности, в котором классы не имеют общих элементов. Но если они есть, то связывают классы в систему. Говорят, что при этом «размываются» границы классификации, а мыслить систему, где элемент принадлежит нескольким классам, трудно. Но из чего следует, что мыслить природу должно быть просто?

Структуры. Наименее разработана идея о системе минералогии как структуре с одним из отношений порядка: транзитивного и антитранзитивного строгого; транзитивного, рефлексивного и антисимметричного нестрогого; транзитивного и рефлексивного квазипорядка [1]. В «Системе минералогии» «Сделаны следующие коренные нововведения: <...> новый способ рассмотрения минералов, образующих так называемые серии, заключающийся в описании серии как единого вида» [3, с. 9]. «Минералы, обнаруживающие непрерывное изменение своих свойств с изменением состава, называются серией и описываются здесь таким же образом, как и вид. В таких случаях естественной минералогической единицей является серия, т. к. то или иное её произвольное разделение не дает точного представления о частях серии. Плагноклазы и шпинели представляют собой примеры серий» [3, с. 13]. «Систематизация номенклатуры таким путем есть естественное выражение концепции изменчивости минерального состава, которая вытесняет старое понимание видов как определенных фаз в основном постоянного состава» [4, с. 7-8].

Сегодня есть средства для эффективного описания даже столь сложных минеральных серий как шпинелиды, гранаты, даже эвдиалиты. Смешимость природных шпинелидов показана на рисунке (слева) [5]. При синтезе выше 860 °С появляется непрерывный твёрдый раствор магнетит-герцинит (рис., в центре), а выше 1400 °С – магнетит-хромит (рис., справа) [6]. Серия, естественно, расширяется за счет ганита $ZnAl_2O_4$. Постепенно накапливаются данные о его твердых растворах с хромитом [7, 8], шпинелью и герцинитом [9]. Сюда же можно включить редкие бруногайерит $GeFe_2O_4$ и купрошпинель $CuFe_2O_4$ [10].

Теоретико-графовое представление обеспечивает фиксацию, анализ и сравнение даже самых сложных известных минеральных серий, причем не только относительно смешимости в парах, но также в триадах и более

сложных симплексах. Правила 50, 33.3 и 25 % [11, 12], делящие минеральные серии на куски – минеральные виды, представляются архаичными и нелогичными. Они опустили статус минерального вида с фундаментального до операционального. Система минералогии должна учитывать лишь естественные границы минеральных серий. Они и должны считаться минеральными видами. Эволюции минеральных серий в меняющихся условиях представимы как разрывы ребер и/или исчезновения вершин графов, а система минералогии – как структура с отношением нестрогого порядка по вложению графов друг в друга.



MgCr – пикрохромит, MgFe – магнезиоферрит, MgAl – шпинель, FeAl – герцинит, FeFe – магнетит, FeCr – хромит.

Смесимость шпинелидов

Работа [13] дает пример представления системы минералогии как структуры с лексикографическим упорядочением ранговых формул химических составов минералов. Последние определены как «последовательности символов химических элементов, расположенных в порядке снижения их атомных содержаний в его (минерала – Ю. В.) составе» [13, с. 5]. На первый взгляд — весьма формальное построение. Но алфавитом здесь является периодическая система элементов, что отличает R-словарь-каталог от любого другого минералогического словаря, составленного по орфографическому принципу. Легко видеть, что лексикографическое упорядочение есть отношение строгого порядка.

Заключение. Представления о системе минералогии постепенно становятся всё менее однозначными. Но это не означает утрату определённости. Все логические конструкции – классификации, пространства толерантности, структуры – строятся на ранее определенных понятиях минеральных видов и серий. Минеральные серии Дж. Дэна с большим основанием отвечают минералогическим первоэлементам, чем минеральные виды в современном понимании, и в будущем займут их место. Вовлечение в минералогия новых логических концепций предопределено ее потребностью к более глубокому самопознанию. Следует ли считать переход от классификаций к пространствам толерантности и структурам все

более содержательным? И нет, и да. Нет, в том смысле, что последующее представление не обязательно охватывает предыдущее. Классификация – частный случай пространства толерантности, но последнее – не частный случай структуры. Да, в том смысле, что каждое новое представление системы минералогии что-то добавляет в общую картину по логическим свойствам и минералогическим смыслам определяющих отношений. Перспектива минералогии состоит в согласовании разных представлений, дополняющих друг друга.

Библиографические ссылки

1. Шрейдер Ю. А. Равенство, сходство, порядок. Москва : Наука, 1971.
2. Смирнова Н. Л. О системе минералов. Уровни // Вест. МГУ. Сер. геол. 1979. № 2. С. 59–63.
3. Дэна Дж. Д., Дэна Э. С., Пэлач Ч., Берман Г., Фрондель К. Система минералогии. Т. I, п / том 1: элементы, сульфиды, сульфосоли. Москва : Изд-во ин. лит., 1950.
4. Дэна Дж. Д., Дэна Э. С., Пэлач Ч., Берман Г., Фрондель К. Система минералогии. Т. II, п / том 1: галоиды, карбонаты, нитраты, йодаты, бораты, сульфаты. Москва : Изд-во. ин. лит., 1953.
5. Соколов Г. А. Хромиты Урала, их состав, условия кристаллизации и закономерности распространения // Тр. ИГН АН СССР. Сер. руд. мест. Вып. 97. 1948.
6. Irvine T. N. Chromian spinel as a petrogenetic indicator. Pt. 1. Theory // Can. J. Earth Sci. 1965. Vol. 6–7, №. 2. P. 648–672.
7. Осокин А. С. Об акцессорных Zn-содержащих хромитах // Новые данные по минералогии медно-никелевых и колчеданных руд Кольского п-ова. Апатиты : Изд-во КФ АН СССР, 1979. С. 89–96.
8. Weiser T. Zn- und V-führende Chromite von Outokumpu, Finland // Neues Jahrb. Miner. Monatsh. 1967. H. 7–8, S. 234–243.
9. Spry P. G., Scott S. D. The stability of Zn spinels in sulfide systems and their potential as exploration guides for metamorphosed massive sulfide deposits // Econ. Geol. 1986. Vol. 81. P. 1446–1463.
10. Бонштедт-Куплетская Э. М. Новые минералы – члены изоморфных рядов, структурные аналоги известных минералов // Изоморфизм в минералах. Москва : Наука, 1975. С. 15–20.
11. Никель Е. Х. Твёрдые растворы в номенклатуре минералов // Зап. ВМО. 1992. № 4. С. 89–92.
12. Никель Е. Х. Содержание понятия минерал // Зап. ВМО. 1995. № 4. С. 98–100.
13. Петров Т. Г., Краснова Н. И. Р-словарь-каталог химических составов минералов. СПб. : Наука, 2010.