

К ИСТОРИИ КЛАССИФИКАЦИЙ МИНЕРАЛОВ

О. А. СОКОЛОВА

С XVIII в. по настоящее время проблема классификации остается основной в минералогии. Классификация минералов основывалась на разных принципах: 1) практическом применении, 2) внешних признаках и физических свойствах, 3) способах образования (генетическая классификация), 4) химическом составе, 5) кристаллографической форме и внутреннем строении (кристаллохимическая классификация).

Рассмотрение истории минералогии с древних времен, привлечение материалов по химии и кристаллографии, учет переломных моментов в развитии этих наук, характеризующихся резкой сменой ведущих научных направлений, позволили выделить четыре периода в развитии минералогии и соответствующие им четыре периода в истории классификации минералов.

I — предыстория [от древнейших времен до конца XVII в.]

В первый период существовали классификации, основанные на практическом применении и внешних признаках минералов. Основа систематики камней была получена опытным путем — многократными наблюдениями и испытаниями, по признакам большей или меньшей их пригодности. Первая классификация ископаемых тел принадлежит Аристотелю (384—322 гг. до н. э.). Он привел в порядок минеральные тела, составив из них два больших разряда (класса): 1) ископаемые тела (охра, сера, сурик и др.) и 2) металлы [1]. Последователем Аристотеля был его ученик Теофраст (372—287 гг. до н. э.). В своем трактате «О камнях» (около 300 г. до н. э.) он говорил о происхождении веществ на земле из воды (металлы) и из земли (камни драгоценные и обычные). Все минеральные образования Теофраст разделил на три группы: 1) металлы, 2) камни обычные и драгоценные, 3) земли. Две последние группы он распределил на порядки, основываясь на их плотности и отношении к огню [2]. Все камни систематизируются по свойствам и применению, т. е. по практическому употреблению. Упоминаются следующие свойства камней, минералов и горных пород: цвет, окраска в проходящем свете, блеск, прозрачность, вес, глянецитость, твердость, ковкость, плавкость, горючесть, запах, запах при горении и пр. — всего 28 свойств. В его работе указано 73 наименования минералов. Описываются также месторождения, способы извлечения, обработки и практическое применение ископаемых тел.

Диоскорид в 75 г. н. э. разделил минералы по их происхождению на земляные и морские. Такое же деление есть в трудах Кай Плиния Секунда Старшего (23—79 гг. н. э.), который в сочинении «Естественная история ископаемых тел» описал имевшиеся данные о различных минералах, привел сведения о горных и металлургических работах того времени [3]. Классификация у Плиния, как и у греческих авторов, построена по практическому применению минеральных ископаемых.

Потребности практики способствовали дальнейшему развитию минералогии, что привело к открытию новых минералов (реальгара, аурипигмента, алунита, селитры и др.), к выплавке из руд сурьмы и висмута, а также к открытию месторождений золота, серебра и драгоценных камней.

Интерес к естественным наукам является одной из характерных черт культурной жизни Средней Азии в IX—X вв. Высокого уровня достигли математика, астрономия, медицина, география и минералогия. Минералы применялись в алхимии и фармакологии. Абу Али Ибн Сина (980—1037 гг.) в труде «Книга о минералах» делит минералы

на четыре группы: 1) камни; 2) плавкие тела (металлы), 3) серы (горючие тела) и 4) соли, растворимые в воде [2]. Ибн Сина первый показал полезность химических приемов при разложении минералов.

Классификацию всех известных в то время объектов минерального мира осуществил ал-Бируни. В сочинении «Собрание сведений для познания драгоценностей. (Минералогия)» (1048 г.) при определении и классификации минералов он использовал не только цвет, блеск и прозрачность, но также твердость и удельный вес. В основных делениях минералов Бируни придерживался классификации Ибн Сины. Он объединял минералы в группы по внешним и физическим признакам [2]. В одних случаях сближал минералы, родственные по составу, в других — по какому-либо одному свойству: цвету, твердости, прозрачности, удельному весу; иногда ссылался на совместное нахождение, иногда — на их практическое применение. Бируни привел свыше 300 наименований минералов и их разновидностей, синонимов и названий на разных языках.

В эпоху Возрождения все более крепнут материалистические тенденции в науке. Большую роль в развитии минералогии в Европе в середине XVI в. сыграли труды Г. Агриколы. При определении минералов он принимал за основу внешние признаки и свойства: цвет, вес, прозрачность, блеск, вкус, а также форму и физические свойства. Он описывал то, что прежде всего бросается в глаза при рассмотрении природных минералов. Агрикола создал классификацию минералов, за основу которой принял схему Ибн Сины, видоизменив и глубже проработав ее. Ископаемые он делил на две группы: 1) вытекающие из земли (жидкие и газообразные) и 2) твердые. Твердые подразделялись на однородные и разнородные. В группе однородных ископаемых ученый выделил простые (земли, загустевшие соки, камни, металлы) и смеси (прообразы химических соединений) [4]. Наиболее подробно Агрикола описал простые полезные ископаемые: 1) земли просто сыпучие или рыхлые ископаемые, разделив их на типы по способу употребления; 2) затвердевшие соки двух родов: жирный (сера, битумы, реальгар, аурипигмент) и тощий (соль, селитра, хризоколла, квасцы, купорос); 3) камни, состоящие из четырех типов: обыкновенные, драгоценные, поддающиеся полировке и простые — обычные горные породы; 4) металлы. Кроме шести металлов, известных в его время (золото, серебро, медь, железо, свинец и олово), он выделил ртуть, висмут и сурьму. В своих трудах ученый упоминал более 100 минеральных видов, из них 17 минералов отмечены впервые. Труды Агриколы имели огромное практическое значение и оказали влияние на последующие минералогические исследования.

Иного типа классификация минеральных тел приведена И. Бехером, который разделил минералы по их отношению к огню (1664 г.) на три разряда: 1) камни, в огне расплавляющиеся и превращающиеся в стекло; 2) минералы, в огне не расплавляющиеся, но превращающиеся в «живую известь»; 3) вещества, от огня не изменяющиеся.

Новые и ценные сведения по морфологии минералов и изучению природных кристаллов были накоплены в XVII в. И. Кеплер (1611 г.) первый описал геометрические формы шестиугольных снежинок, объяснив их правильным расположением шарообразных молекул. Н. Стенон открыл в 1669 г. на кристаллах кварца закон постоянства углов, который в 1688 г. был подтвержден Д. Гуллиельмини на кристаллах селитры, каменной соли, квасцов и купороса. В 1690-х годах А. Левенгук наблюдал при помощи изобретенного им микроскопа за ростом и растворением кристаллов гипса, квасцов, селитры, хлористого натрия и др.

II — становление минералогии как науки (конец XVII — первая половина XIX в.)

В этот период происходил процесс дифференциации наук. В конце XVIII в. разделилась прежде всеобъемлющая минералогия на ориктогнозию (собственно минералогия), геогнозию (геологию) и геогению (геотектонику). Несколько позднее в виде отдельных дисциплин выделилась палеонтология и наметилась самостоятельная ветвь — кристаллография.

Огромный фактический материал, собранный в предыдущие столетия, требовал более детальных описаний и характеристик, а также новых систематик, способных охватить накопившийся фактический материал. Для второго периода развития минералогии характерно применение качественных и количественных методов в определении минералов. Благодаря использованию химико-аналитических методов был изучен состав многих минералов как «мокрым» (в растворах), так и «сухим» (при помощи паяльной трубки) путем. Второй половине XVIII в. свойственны многие открытия в области химии и минералогии и смена научных направлений и идей. В 1774 г. Дж. Пристли был открыт кислород. Кислородная теория горения А. Лавуазье (1780 г.) сменила учение о флогистоне.

Данный период характеризуется появлением многочисленных систематик минералов. К. Линней сделал попытку применить к минералам двойную номенклатуру (род и вид), подобную той, которая была им предложена в систематике растений и животных [5]. По аналогии с органическим миром он полагал, что кристаллическая форма любого минерала образуется за счет присутствия в нем некоторой соли, составляющей как бы «отцовское начало», а вещество камня — «материнскую субстанцию». Линней разделил минералы на три класса: камни, руды и ископаемые. В его системе камни расположены по их отношению к огню и по растворимости в некоторых кислотах; роды и породы — по химическим и наружным признакам: 1) камни (стекляющиеся, известковые, неплавкие или огнестойкие); 2) руды (соли, горючие тела или серы, металлы); 3) ископаемые (сростки, окаменелости, земли). Эта «курьезная» минералогическая систематика быстро отошла в область истории и критиковалась уже его современниками (И. Г. Валлерием, У. Ф. Б. Брикманом и др.).

М. В. Ломоносов в своих трудах «О рождении и природе селитры» (1749 г.), «Слово о рождении металлов от трясения земли» (1757 г.), «Первые основания металлургии или рудных дел» (1763 г.) стремился кристаллическую форму минералов связать с их внутренним «корпускулярным» строением. Классификация, предложенная им [6], отличалась более глубокой проработкой принципов деления и более однородным содержанием объектов. Часть горных пород и окаменелости были исключены из числа минералов. Ломоносов разделил все минералы на семь классов: 1) металлы, 2) полуметаллы, 3) жирные (горючие) минералы, 4) соли, 5) камни, 6) земли, 7) руды. Систематика минералов основана им на внешних признаках, так как в то время отсутствовали сведения о химическом составе минералов. Об этом свидетельствует сам ученый: «...последние сто лет, поборники ее (химии.— О. С.), как бы сговорившись, непрерывно исследовали сокровенный состав природных тел, тем не менее важнейшая часть естественной науки все еще покрыта глубоким мраком и подавлена своей собственной громадою» [7, с. 339].

И. Г. Валлерий, автор известного в России труда «Минералогия» [8], привел классификацию минеральных тел. На основании «химического разложения камней» и по внешним признакам (наружный вид, цвет, агрегатное состояние, форма кристаллов и твердость) он разделил все минералы на четыре класса. Классы подразделялись на роды. Им было описано 80 родов; в родах насчитывается 488 единиц ископаемых тел: 1) земли (пылеватые, меловатые, мергелистые, песчанистые и др.), 2) камни (мрамор, гипс, агат, яшмы, лазурит, «хрустали»¹ — топаз, изумруд, рубеллит, алмаз, хризолит и др.), 3) руды (соли, «серные роды», полуметаллы, металлы), 4) каменные сростки. Валлерий определил породы и разновидности минералов правильнее своих предшественников. Он развенчал гипотезу Линнея о наличии в кристаллах формообразующих солей. Так, в отношении горного хрусталя он писал: «Ежели кто все каменные хрустали химическими опытами исследовать захочет, то найдет, что есть острый и кубический, только селитреной соли нисколько в нем не содержится...» [8, с. 191].

А. Ф. Кронштедт выделил химический состав как главный признак для определения минералов [9]. Он положил начало распределению минералов на классы (порядки), роды и виды по их химическим признакам; при описании родов и видов употреблял наружные признаки. Он разделил минералы, как и Ибн Сина, на четыре клас-

¹ «Хрустали» — кристаллы.

са. Подробно описал физические и химические свойства земель: известковой, кремневой, глинистой; соли разделил на кислые и щелочные. Для различия минералов применил паяльную трубку. Заслужой Кронштедта является то, что он исключил из области минералогии ископаемые организмы.

Т. Бергман свои основные работы посвятил усовершенствованию качественного и количественного анализов, разработал технику количественного весового анализа «мокрым путем» и подробно описал порядок исследования минералов и руд. В минеральной системе Бергмана «Обзор минерального царства» (1782 г.) заложен химический принцип как основной для разделения минералов, дополняемый внешними признаками. Бергман считал, что «нельзя слишком доверять форме» и «не следует, конечно, пренебрегать этими внешними признаками, но тот, кто считает их достаточными, заблуждается» [10, с. 169]. Он видоизменил и намного усовершенствовал систематику Кронштедта (разрыв во времени между двумя этими системами составляет четверть века). Класс I включает соли кислые, щелочные и средние (здесь впервые упоминаются соли металлов, незадолго до этого открытые Шееле и др.). Класс II — земли: кремнистая, известная, глинистая; ученый впервые присоединил два рода новых земель — баритовую и магнезиальную. Класс III — смолы: сера, смола (горная смола, каменный уголь, янтарь), алмаз. Класс IV — металлы (их 15).

Ромэ-Делиль, по словам В. И. Вернадского, «был первым специалистом кристаллографии» [11]. Он описал кристаллы, в основном базируясь на измерении граничных углов; всего им измерено около 500 кристаллов. Измерив углы кристаллов, он показал, что они неизменны и постоянны для каждого рода кристаллов. За основание своей системы ученый взял один важный наружный признак — форму кристалла. Ромэ-Делиль предложил четырехчленную классификацию: 1) кристаллы солей, растворяющиеся в воде; 2) кристаллы камней, часто прозрачные и не дымящиеся в огне; 3) кристаллы колчеданов, или сернистые и мышьяковистые кристаллы, дающие при обжиге неприятный запах; 4) кристаллы металлические, плавящиеся в огне. И. И. Шафрановский называет Ромэ-Делиля «основоположником гониометрического метода в кристаллографии» [5].

В 1784 г. вышла система минералов Добантона, в ней минералы распределены по «химическим началам» и внешним признакам. Разделение на четыре класса обычное, только в первый класс (пески, земли, камни) попали минералы, «способные при ударе об огниво издавать искры и растворимые в кислоте с кипением и без» [12].

Р. Кирван издал свое сочинение «Об ископаемых телах» (1785 г.), где принял принцип систематики минералов Кронштедта и Бергмана. Он в 1780-х годах проводил многочисленные опыты над химическим разложением минералов, главным образом путем сплавления их со щелочами.

А. Г. Вернер основы своей системы заимствовал у Кронштедта и ввел систематический порядок Линнея в минералогии. Вернер рассматривал минералы с трех точек зрения: 1) химический состав, 2) строение и 3) наружные признаки. Наружным (внешним) признакам отводилась главная роль, как простейшему методу диагностики минералов для нужд практики. Однако громоздкие словесные описания и большое количество признаков (23) затрудняли определение минералов. Ученый избегал точных измерений и числовых данных. Его система долго применялась во всех европейских училищах. В России она стала известна благодаря трудам В. М. Севергина [13]. Система Вернера, как и его предшественников, состояла на основании химических признаков из четырех классов, при этом в один класс объединялись минералы, не имеющие друг с другом ничего общего (рубин был помещен в отряд кремния и пр.). Несмотря на существенные недостатки, классификация Вернера имела большое значение, так как заставляла исследователей внимательно относиться к внешним признакам.

А. М. Теряев — профессор Петербургского педагогического института — при систематике минералов полагался на «внутренние, или химические», признаки, обнаруженные «посредством огня, воды, крепких водок, масел и других каких-либо насильственных способов» [14, с. 2]. Он не отрицал при разделении минералов внешних и физических признаков, но отдавал предпочтение химическим: «годятся иногда признаки те и другие, но всегда надежнее внутренние». Теряев все «ископаемое царство» разделил по химическим признакам, как было принято в то время, на четыре класса.

В. М. Севергин проанализировал и обосновал систематику ископаемых тел или минералов, под которыми в то время подразумевались минералы, горные породы, угли и окаменелости, во многих своих работах (1791—1824 гг.). В его ранних работах при описании минералов упоминался „флогистон“, в более поздних систематиках он полностью стоял на позиции лавоазьеровой „химической теории“ [13]. При систематике минералов ученый отдает предпочтение химии — «верной путеводительнице всех физических наук», обладающей «вернейшими способами к настоящему минералов распознаванию» [15, с. IV]. Севергин утверждал: «Лучшие признаки для главного разделения суть химические, ибо они ясно, точно и кратко и твердо определяют ископаемое тело» [16, с. 69]. Наиболее полно его классификация рассмотрена в работе, изданной в 1798 г. [17]. В ориктогностической системе Севергина объединение земель и камней в один класс делает ее более компактной. По сравнению с системой Кирвана добавлен ряд новых минералов: обыкновенный плавик, борацит, апатит и др., приведены новые русские минералы (вилуйский гнацит, байкальский пренит и др.). При рассмотрении класса солей Севергин более подробно выделил соли по составу, с учетом теоретических положений учения о кислороде. Им описан подробно также класс металлов.

Р. Ж. Гаюи — основоположник кристаллографии. В 1822 г. вышел его четырехтомный «Курс минералогии» (первое издание — в 1801 г.), где в основу научной классификации минералов он положил кристаллографическую форму. Мир минералов подразделялся им на вещества металлические (простые и сложные) и неметаллические (в том числе горючие) [18]. Ученому удалось, основываясь на кристаллографических определениях, отделить друг от друга натролит, десмин, хабазит, анальцим, объединенные ранее под названием цеолиты. Гаюи мы обязаны тем, что сапфир, рубин и наждак оказались в одной группе корунда, он установил идентичность изумруда и берилла. Кристаллоструктурная классификация Гаюи стала известна в России благодаря В. М. Севергину [15].

Система Броньяра (1807 г.) имеет много сходного с системами Гаюи и Вернера. Отличается она тем, что к числу неорганических веществ ученый присоединил газы, воды и кислоты. Минералогия Броньяра содержит много полезных примечаний об использовании минералов. Все вещества делились им на пять классов: 1) тела, соединенные с „кислотвором“ неметаллические; 2) соли (щелочные и землистые), 3) камни, 4) тела горючие, 5) металлы (хрупкие и тягучие) [19].

III — точная описательная минералогия [вторая половина XIX — начало XX в.] — химические классификации

В данный период осуществлялось широкое применение в минералогии методов качественного и количественного анализа минералов с учетом атомно-молекулярной теории. В начале XIX в. химическая атомистика Дж. Дальтона помогла раскрыть внутреннюю природу химических элементов и их соединений. В 1803 г. им был открыт один из основных законов химии — закон кратных отношений. Экспериментальные работы Я. Берцелиуса подтвердили основные положения атомистической теории Дж. Дальтона. В 1811—1818 гг. Я. Берцелиус выполнил многочисленные качественные и количественные анализы минералов. Им проанализирован состав около 2000 соединений, в том числе минералов, и определены атомные веса 45 элементов. В эти же годы он обосновал электрохимические представления в химии и распространил их на минералогию, утвердив тем самым основные положения химической минералогии. В 1822 г. ученый писал: «...нужен был только взгляд на минералогию, чтобы найти там те же законы взаимных отношений элементов и чтобы увидеть в большом числе землеподобных минералов, что кремнезем представляет кислоту, а остальные земли — основания и что кислоты и основания подчиняются здесь тем же соединительным законам, как и в опытах в наших лабораториях. Так возникла в минералогии химическая система, которая базируется на той же основе, что химия... С этого момента минералогия получила новый интерес: если раньше она была описью неточно определенных продуктов неорганической природы, то теперь она поднялась до уровня настоящей науки» [20, с. 65—66]. Берцелиус предложил подлинно химическую классификацию минералов, основанную на пропорциях составных частей минералов и действия на них гальванического электричества [21]. Класс I — тела неорганические простые или сложные, в ко-

торых сложные атомы первого порядка содержат два начала (металлоиды, металлы электрически отрицательные и металлы электрически положительные). Класс II — тела органические, в которых составные частицы первого порядка содержат более двух начал (чернозем, торф, янтарь, нефть, каменный уголь и др.). Теоретических основ классификации Берцелиуса придерживались многие иностранные и русские ученые (Г. Розе, Д. И. Соколов, В. И. Вернадский и др.).

Более совершенная химическая классификация минералов разработана Ж. Дэна. Он выделил классы: 1) самородные вещества, 2) сернистые и мышьяковистые соединения, 3) галоиды, 4) кислородные соединения, 5) органические вещества. В первом издании «Системы минералогии» Ж. Дэна (1837 г.) нет ни одной химической формулы, но уже во втором издании (1844 г.) химический состав занял видное место. Как удобный справочник по минералам, эта книга неоднократно переиздавалась, каждый раз пополняясь и получая необходимые изменения (последнее издание — 1951 г.).

К известным представителям минералогической науки второй половины XIX — начала XX в. относятся К. Ф. Науман, Г. Чермак, В. И. Вернадский, П. Грот, П. Ниггли и др. Учебники минералогии первых двух названных ученых долгое время были ведущими и служили справочниками. Они неоднократно переиздавались: на русский язык были переведены «Основания минералогии» К. Ф. Наумана [22] и «Учебник минералогии» Г. Чермака [23].

В. И. Вернадский выработал свою классификацию в 1890—1891 гг. В основу он положил классификацию Берцелиуса, но дал другие подразделения крупных отделов (классов) — силикатов, сернистых и др. В основу деления на отделы Вернадским положены представления о химической структуре и химическом сродстве природных тел. Все минералы разбиты на следующие отделы: 1) самородные элементы, 2) сернистые и селенистые соединения, 3) многосернистые соединения, 4) производные арсинов, стибнинов и фосфинов², 5) висмутистые соединения, 6) теллуристые соединения, 7) азотистые соединения, 8) окисернистые соединения и соединения сернистых тел с водой, 9) кислородные соединения типа воды, 10) галоидные соединения, 11) оксигалоидные соединения и соединения галоидных тел с водой, 12) карбиды, 13) углеводороды и их сернистые соединения, 14) прочие органические соединения [24]. Отделы подразделяются на группы минералов, причем в основу групп положены химические подразделения, связанные с характером химических элементов, входящих в состав соединений. По мнению Вернадского, «классификация минералов должна совпадать с классификацией химических тел; она сама по себе не является задачей минералогии, но только позволяет расставить немногие образующиеся в природе тела среди огромного количества созданных человеческой мыслью соединений и этим путем позволяет понять точнее и полнее их химическую природу и характер образующих их процессов» [25].

Во второй половине XIX в. благодаря открытию периодического закона химических элементов Д. И. Менделеевым и выводу Е. С. Федоровым и А. Шенфлисом (1890—1891 гг.) 230 пространственных групп, которым подчиняются все кристаллические структуры минералов, а также введению микроскопа в практику исследования минералов, классификации претерпели значительные изменения. Одной из них является классификация П. Грота, в которой устанавливается зависимость между химическим составом, структурой и внешней формой минерала [26]. П. Грот — автор известного пятитомного справочника «Химическая кристаллография» (1906—1919 гг.). Следует упомянуть о составителях грандиозных «Хандбухов» С. Hintze — «Handbuch der Mineralogie» (1897—1938 гг.) и С. Doelter — «Handbuch der Mineralchemie» (1912—1931 гг.). В оригинальном учебнике П. Ниггли — «Lehrbuch der Mineralogie» [27], выдержавшем несколько изданий, много места отводится рассмотрению вопросов изоморфизма и полиморфизма минералов, а также геометрической кристаллографии, кристаллофизике и кристаллохимии.

² Группа богатых металлом сульфмышьяковистых, сульфосурьмянистых и сульфосфосфатных тел.

IV. период — современный, экспериментальный (с 1930 г. до наших дней) — кристаллохимические классификации

Этот период характеризуется бурным расцветом кристаллохимии и кристаллофизики и синтезом технически важных монокристаллов. В 1912 г. М. Лауэ была открыта дифракция рентгеновских лучей в кристаллах. На основе волновой природы этих лучей был разработан метод рентгеноструктурного анализа для установления внутреннего строения кристаллического вещества. Рентгеноструктурные исследования доказали взаимосвязь химического состава и кристаллического строения веществ. Была разработана кристаллохимическая классификация для класса силикатов, где минералы систематизировались как с учетом химического состава, так и особенностей их внутреннего строения.

В основе всех последующих классификаций в той или иной форме лежит периодическая система химических элементов Менделеева — деление минералов на классы производится по типам химических соединений; однако подразделения минералов внутри классов на подклассы и группы связано главным образом с кристаллической структурой минерала (Н. А. Смольянинов, 1947, А. Г. Бетехтин, 1956). За последние десятилетия советские ученые (Н. В. Белов и др.) достигли значительных успехов в области расшифровки кристаллических структур минералов. Н. В. Белов разработал учение о плотнейшей упаковке атомов или ионов, составляющих кристалл [28]. На основании этого учения были расшифрованы сложные кристаллические структуры минералов и установлены новые структурные типы. В ряде случаев группировка подразделений минералов кроме структурного признака осуществляется по принадлежности их к металлам и полуметаллам и по естественной ассоциации ведущих катионов в минералах.

Классификация первого периода (от древнейших времен до конца XVII в.) были основаны на практическом применении и внешних признаках минералов, они были примитивными. Несмотря на это, классификация Ибн Сины (начало XI в.) просуществовала с небольшими изменениями почти восемь столетий и положила основание тем минералогическим системам, которым столетия спустя следовали многие знаменитые минералоги — А. Г. Вернер, Т. Бергман, Ж. Б. Ромэ-Делиль, В. М. Севергин, Р. Ж. Гаюи и др.

Первые химические классификации второго периода (конец XVII — первая половина XIX в.) не имели видимых преимуществ перед старыми, основанными на хорошо известных диагностических свойствах, так как объединяли в группы весьма разнородные по физическим данным минералы. Это объясняется тем, что качественный и количественный химические анализы минералов были несовершенными и очень трудоемкими. Химические классификации учитывали также внешние признаки минералов и их кристаллографическую форму.

Классификации второй половины XIX и начала XX в. отразили представления о химической структуре минералов — взаимосвязи между химическим составом и кристаллическим строением веществ. Так постепенно благодаря развитию химии, усовершенствованию методик химического анализа минералов, более точному определению их химического состава и структуры, химический признак оказался господствующим классификационным признаком.

В современных кристаллохимических классификациях наряду с химическим характером соединений учитывается тип химической связи, представления о кристаллической решетке и типе упаковки. Теоретическим основанием для построения классификаций минералов и возможностей для концентрации в них изоморфных примесей является выявление количественных связей между физическими, химическими и генетическими характеристиками минералов и их кристаллическим строением.

Литература

1. Кокшаров Н. И. Предмет минералогии, краткая ее история, кристаллы, как настоящие индивидуумы неорганической природы. Записки минералог. о-ва, 2-я сер., ч. 10, СПб, 1876.
2. Леммлейн Г. Г. Минералогические сведения, сообщаемые в трактате Бируни. — В кн.: Собрание сведений для познания драгоценностей (Минералогия). М.—Л., 1963.

3. *Кайя Плиния Секунда*. Естественная история ископаемых тел, переложенная на русский язык, в азбучном порядке и примечаниями, дополненная трудами Василья Севергина. СПб., 1819.
4. *Agricola G.* De natura fossilium. Basel, 1546.
5. *Шафрановский И. И.* История кристаллографии. Ч. 1. Л., 1978.
6. *Ломоносов М. В.* Первые основания металлургии или рудных дел. СПб., 1763.
7. *Ломоносов М. В.* Диссертация о действии химических растворителей вообще. 1741. Полн. собр. соч. Т. 1. М.—Л., 1950.
8. Минералогия или описание всякого рода руд и ископаемых из земли вещей, сочиненное Иог. Готш. Валлерием. СПб., 1863.
9. *Кронштедт А. Ф.* Опыт рудословной системы Кронштедта (С некоторыми прибавлениями г. Бринниха). СПб., 1776.
10. *Бергман Т.* Отрывок из книги «Мелкие заметки химические и физические» — В кн.: *Гаюи Р. Ж.* Структура кристаллов. М.—Л., 1962.
11. Romé de l'ille crystallographie, ou description des formes propres à tous les corps du regne mineral. 2 edit., 1783.
12. *Ловецкий А. Л.* Краткая история минералогии.— Новый магазин естественной истории. СПб., 1830, ч. 1, № 1.
13. *Севергин В. М.* Краткое начертание минералогии, сочиненное в пользу губернских гимназий академиком, коллежским советником и кавалером Васильем Севергиным. СПб., 1824.
14. *Теряев А. М.* История минералогии, или краткое изображение основания, приращения и усовершенствования оной науки, особливо в последнее двадцатилетие. СПб., 1819.
15. *Севергин В. М.* Подробный словарь минералогический, содержащий в себе подробное изъяснение всех в минералогии употребительных слоев и названий, а также все в науке сей учиненные главнейшие открытия. Спб., 1807.
16. *Севергин В. М.* Всеобщие рассуждения о минералогии, читанные во время открытия того прохождения минералогии при Академии наук, летом 1792 г.— Нов. ежемес. соч. СПб., авг., ч. 74, сент., ч. 75.
17. *Севергин В. М.* Первые основания минералогии или естественной истории ископаемых тел в двух книгах. СПб., 1798.
18. Traité de Mineralogie par hauy, en cinq volumes, avec figur. P., 1801.
19. Traité élémentaire de Mineralogie, avec des applications aux arts, par Alex. Brongniart, P., 1807.
20. *Berzelius J. J.* Jahres — Bericht, 1822, Jg. 1.
21. Nouveaus système de Mineralogie par Berzelius. P., 1819.
22. *Науман К. Ф.* Основания минералогии. СПб., 1860.
23. *Чермак Г.* Учебник минералогии. СПб., 1884.
24. *Вернадский В. И.* История минералов земной коры. Т. 1. Вып. 2. Л., 1927.
25. *Вернадский В. И.* Избранные сочинения. Т. 2. М., 1955.
26. *Грот П.* Введение в химическую кристаллографию. Одесса, 1912.
27. *Niggli P.* Lehrbuch der Mineralogie, B., 1924.
28. *Белов Н. В.* Очерки по структурной минералогии. М.: Недра, 1976.

ИНЕРЦИАЛЬНОЕ ДВИЖЕНИЕ И АКСИОМАТИКА ФИЗИЧЕСКИХ ТЕОРИЙ¹

Н. П. КОНОПЛЕВА

1. Существует два основных способа построения физических теорий: индуктивный (обобщающий отдельные экспериментальные факты) и дедуктивный (аксиоматический). Ньютон впервые показал, что механика допускает чисто аксиоматическую формулировку [1]. Аксиомы классической механики явились результатом осмысления большого количества экспериментальных фактов, хотя следы их происхождения в окончательной формулировке теории отсутствуют (если не считать терминологии). Следующий важный шаг по пути аксиоматизации механики был сделан Махом, который попытался построить такую аксиоматику механики, в которой сохранилась бы привязка теоретических понятий к условиям эксперимента [2]. Как известно, эта попытка оказалась безуспешной. Причина здесь, по-видимому, в том, что невозможно сформулировать ка-

¹ Эта статья представляет собой доклад, сделанный автором на конференции, посвященной 150-летию со дня смерти Ньютона. Конференция проведена ИИЕиТ АН СССР в декабре 1977 г.