

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЙ МУЗЕЙ им. А.Е.ФЕРСМАНА

А.А.Годовиков

КРАТКИЙ ОЧЕРК
ПО ИСТОРИИ МИНЕРАЛОГИИ



Москва 1998

Все о геологии
<http://geo.web.ru/>

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЙ МУЗЕЙ им. А.Е.ФЕРСМАНА

А.А.ГОДОВИКОВ

КРАТКИЙ ОЧЕРК
ПО ИСТОРИИ МИНЕРАЛОГИИ

This exemplar of
this book is especially
our good friend Barbara and John
Redoff from M.J. Rubinow
S. Nemasheva

Уборков

МОСКВА 1998

Научное издание

Годовиков Александр Александрович

Краткий очерк
по истории минералогии

*Утверждено к печати
Ученым Советом
Минералогического музея
им. А.Е. Ферсмана РАН*

RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES
FERSMAN MINERALOGICAL MUSEUM

A.A. Godovikov

BRIEF OUTLINE
OF THE MINERALOGY HISTORY

Moscow 1998

УДК 549 (09)

Краткий очерк по истории минералогии / А. А. Годовиков. М. 1997
В работе рассматривается история минералогии с глубокой древности до настоящего времени. Показано фундаментальное значение минералогии для человеческого общества, значение её в развитии ремёсел, промышленности, росте производительных сил, успехов, достигаемых науками естественного цикла как в целом, так и отдельными из них - прежде всего физикой, химией, металлургией, кристаллографией, кристаллохимией, вклад внесённый минералогией в их развитие, а иногда и зарождение в виде самостоятельных научных направлений. Анализируется становление важнейших научных идей в минералогии, роль в этом крупнейших ученых.

Книга предназначена для минералогов, геохимиков, химиков, историков науки, преподавателей высших учебных заведений, студентов и аспирантов.

Табл. 8. Ил. 1. Библ.: 35 назв.

Brief outline of the mineralogy history / A. A. Godovikov. M. 1997

The mineralogy history from ancient up to now is discussed. The fundamental role of mineralogy for humane society is shown as its meaning in the development of handicraft, industry, increase of the productive forces, the progress of natural sciences in a whole as well as its separate branches and before all physics, chemistry, metallurgy, crystallography, crystallochemistry, the investment of mineralogy in their progress and sometimes in their origin as independent sciences. The growth of the more important mineralogical ideas, the role in that of the famous scientists are analysed.

The book has written for mineralogists, geochemists, chemists, historians of science, lecturers of hidher institutes, students and post-graduate students.

Tabl. 8. Ill. 1. Bibliogr.: 35 ref.

ВВЕДЕНИЕ

История минералогии уходит своими корнями в глубокую древность, во времена ещё полуживотного существования человека. Сама минералогия развивалась, с одной стороны, как отклик на любознательность человека, познающего окружающий мир, с другой стороны, она необходима для использования таящихся в этом мире богатств на пользу человека. Выделение минералогии в самостоятельную науку происходило лишь в XVII-XVIII веках. До этого знания о минералах накапливались в недрах физики, химии, горного дела, металлургии и других наук. При этом даже в XIX в. минералогия была настолько тесно связана с химией, что многие крупные минералоги были в то же время крупными химиками-неорганиками и наоборот. Это же проявлялось и в XX веке. Поэтому нет ничего удивительного в том, что крупнейший русский минералог рубежа XVIII-XIX вв. В. М. Севергин писал: *"История минералогии есть история всех прочих наук. Она имела с ними почти равную участь и претерпела одинакия перемены до самого перешествия их к Аравитянам и возвращения оных в Европу"* ([15], с.99). Описание истории минералогии является поэтому очень сложной задачей, затрагивающей историю практически всех наук естественного цикла. Развитие же минералогии, в свою очередь, в большей мере способствовало развитию смежных наук - как фундаментальных, так и прикладных направлений. Это породило не только появление целого ряда новых наук и отдельных научных направлений, но и обеспечило развитие химической промышленности, металлургии, приборостроения, многих других отраслей народного хозяйства, немыслимых без минерального сырья, синтетических минералов.

Именно сложностью вопроса, очевидно, и объясняется отсутствие до настоящего времени достаточно полных работ по истории минералогии, которая чаще всего затрагивается в вводных частях различных учебников [7,9,25], учебных пособий [1,8], некоторых монографий [3,13], справочников [28]; гораздо реже появляются отдельные работы по истории минералогии или отдельным её вопросам [5,26,27,29,30]. В то же время сведения по истории минералогии в изобилии содержатся в работах, посвященных истории химии [19,6,11,17,18] и тем более кристаллографии [23,24], возникшей в результате изучения минералов. Большой интерес с рассматриваемой точки зрения имеют также словари, в которых приводятся сведения по истории названий минералов [10,12], позволяющие уяснить вклад ученых разных направлений в развитие минералогии, что увековечено в названиях минералов, энциклопедия химических элементов [16]. Много материала по рассматриваемым вопросам почерпнуто из работ, цитируемых в тексте, а также персоналий, некрологов и тематических статей, публиковавшихся в различных выпусках

Записок Всесоюзного минералогического общества, Минералогическом сборнике Львовского геологического общества, томах Большой советской энциклопедии, Энциклопедического словаря Ф. А. Брокгауза и И. А. Ефрона.

Материал по истории минералогии весьма обширен и ещё ждёт своей углублённой проработки. Поэтому в кратком очерке по истории минералогии, предлагаемом ниже, удаётся остановиться лишь на отдельных моментах развития науки, наиболее важных для развития минералогии, и на вкладе в это только отдельных ученых, и то весьма фрагментарно. Однако и это представляет определённый интерес, поскольку позволяет более полно понять истоки минералогии, её роль для человеческого общества.

Зарождение основ минералогии в доисторическое время и до нашей эры

С некоторыми минералами и горными породами наши далекие предки познакомились ещё будучи в животном, дочеловеческом состоянии. Это, прежде всего, относится к галиту, без которого невозможна жизнь человека, известному в виде отложений каменной соли, в том числе в районах упаривания морских, грунтовых вод в пустынных районах и других местах. Для нормального развития некоторых людей необходимы также мел, глина, инстинктивно употребляемые ими в пищу. Затем в круг человеческой деятельности попали разные камни, которые можно метать в зверей, врагов, и с помощью которых можно было колоть орехи, давить крепкие зёрна, глина, различные минеральные красители, использовавшиеся в пещерной живописи человеком палеолита. Минеральные красители - в основном минералы железа, меди, а иногда и минералы урана, использовались и для раскраски тела при различных ритуалах. С ростом числа минералов, вовлекаемых в обиход, росли знания человека об их свойствах, местах их природных скоплений, признаках, по которым можно найти последние. Человек каменного века (от 800 тыс. лет назад до около 6000 лет назад в странах Древнего Востока и до 4000 лет назад в Европе) использует кремль, обсидиан, нефрит, из которых готовит орудия охоты, труда, культовые предметы, применяя камень наряду с деревом; появляются первые украшения из цветных камней. Около 10 тыс. лет назад (в неолите) человеком для украшений использовались самородные золото, медь, серебро, изредка - метеоритное железо, которое очень трудно в обработке.

* Первоначальное использование метеоритного железа в качестве украшений и материала для изготовления очень прочного и дорогого оружия нашло отражение в его названии у многих народов, связанного с необъяснимыми явлениями. Так, древнеегипетское название железа биннег означает небесная руда (металл); в древней Месопотамии его называли

Около 7000 лет назад человек научился обжигать глину и начал изготавливать различные керамические изделия. Примерно 5000 лет назад в Древнем Египте началось производство стекла. Таким образом, в сферу человека вовлекалось всё большее число минералов и горных пород - сырья для его расширяющейся творческой деятельности.

Огромный скачок в использовании минералов произошел после открытия способов восстановления металлов из руд - зарождения и развития металлургии. Изображения металлургических процессов встречаются на памятниках искусства, относящихся к третьему тысячелетию до нашей эры. Около 6000-5000 лет назад были изобретены способы выплавки меди из её окисленных руд, способы её плавления и литья. Примерно к этому же времени относится открытие способов выплавки из руд свинца^{***}, попутной выплавки серебра.

Об этом, в частности, свидетельствуют археологические раскопки на территории Месопотамии (современного Ирака). Более 5 тыс. лет назад были известны сурьма, ртуть, сера и некоторые их соединения, киноварь, мышьяк в виде своего оксида. Около 4000 лет назад люди научились использовать сульфидные руды меди, стали известны методы рафинирования золота, очистки его от серебра. 4000 лет назад в Месопотамии существовали серебряные деньги. Получение бронзы за счёт совместной плавки медных руд и касситерита стало известно около 5000 лет назад, около 3500 лет назад человек получил сплав меди и цинка - латунь.

Около 3100 лет назад на ближнем Востоке начали выплавлять железо^{****} в печах, позволявших получать температуру до 1400° К. Примерно в это же время стали известны методы выплавки олова.

анбар - небесный металл, древнегреческое сидерос происходит от древнейшего латинского слова sidereus - звёздный (от sidus - звезда); древнеармянское название железа еркам - капнувший (упавший) с неба.

^{**} Оружие из метеоритного железа изготовить очень трудно, т.к. оно не куется даже в нагретом состоянии. Из-за этого, по преданию, были казнены оружейники бухарского эмира, которые не смогли сделать ему меча из "небесного металла". Тем не менее у владетеля индийского княжества Джекхангира в XVII в. были две сабли, кинжал и наконечник пика из метеоритного железа. Имеются сведения, что из него же были изготовлены шпаги Александра I и героя Южной Америки Боливаря.

^{***} Металлический свинец использовался не столько для изготовления домашней утвари, сколько при выплавке и рафинировании золота, в чём особого успеха достигли древние египтяне, державшие эти методы в строжайшей тайне.

^{****} Металлическое железо у хеттов, живших в центральной части Мвлой Азин около 4 тыс. лет назад, ценилось почти в пять раз дороже золота, последнее же было в 8 раз дороже серебра, а оно - в 160 раз дороже меди. При изготовлении оружия древние скандинавские народы использовали железо только на острие мечей, тогда как вся остальная часть была из бронзы.

В Индии металлургия серебра и свинца стала известна только около 4500 лет назад, а железо начали выплавлять лишь около 2800 лет назад. В Древнем Китае золото и серебро известны с доисторических времен, а медь - около 4500, железо - 2800 лет назад.

К началу нашей эры человеку было известно 10 элементарных веществ - Fe, Cu, Ag, Au, Hg, C, Sn, Pb, Sb, S (табл. 1, 2), сплавы Cu с Zn и Sn, оксид As, которые он использовал в различных областях своей жизни. К этому времени были известны основные металлургические процессы - восстановление металлов из руд с помощью древесного угля, их плавка, литьё,ковка, керамическое производство - изготовление гончарных изделий, кирпича, плитки для мозаики, фарфора, стеклоделие. Человек был знаком с сырьём, т.е. различными минералами и множеством химических реакций, на которых были основаны эти отрасли производства.

Все эти практические нужды вызывали потребность в диагностике минералов, необходимости отличия их друг от друга и тех, которые не находили применения, выяснении поисковых признаков на их месторождения. К этому же времени относится и появление первых рудников на Ближнем и Среднем Востоке, в Средней Азии, Туве, Индии, Китае.

Вся совокупность знаний о природе - по физике, химии, минералогии, металлургии, включая знания по математике, всевозможные мистические знания (магия, астрология) и заклинания объединялись в древности в единую науку - физику (от греческого слова физис - природа).

Знания о минералах, объединенные со знаниями о путях их использования, составляли единую основу древней науки, получившей интенсивное развитие в древнем Египте. По арабскому названию Египта - "Хеми" - "чёрная земля", очевидно, и получила эта наука свое название - химия. В сферу её интересов попадали металлургия, керамическое производство и практически все остальные отрасли человеческой деятельности, связанные с переработкой природного минерального сырья. Именно в недрах этой единой науки - комплекса всех имеющихся у человека знаний, - зарождались и первые знания по минералогии, излагавшиеся в учёных трактатах, одновременно со всеми остальными сведениями. Около 2300 лет назад наряду с этими общими сводками появилась и самостоятельная, очевидно, первая сводка знаний по минералогии - "Трактат о камнях" ученика Аристотеля Тиртамоса (372-287 гг. до н.э.), известного под именем Теофраста ("божественного оратора"). В нём Теофраст даёт описание шестнадцати минералов, подразделяя их на три группы: 1) металлы, 2) камни, 3) земли. К металлам по блеску причислялись и сульфиды.

Таблица 1

Хронология открытия химических элементов
(подчеркнуты элементы, открытые при изучении минералов)

Элемент	Год	Способ обнаружения	Происхождение названия	Автор открытия	Примечания
1	2	3	4	5	6
Д о и с т о р и ч е с к и й п е р и о д					
<u>C</u>	1777	С глубокой древности (ок. 500-400 тыс. лет назад) известен уголь, позже стали известны графит и алмаз, принимавшиеся, однако, до конца XVIII века за разные вещества.	Русское углерод – “рожденный углем”; лат. <i>Carboneum</i> – уголь; алмаз от греч. “адамас” – неукротимый за высокую твердость; графит от греч. “графо” – писать за способность оставлять след на бумаге (это название дано лишь в XVIII в. – до этого графит вместе с молибденитом, свинцом называли “молибдена” – см. Назв. Мо.		Принадлежность графита к элементарным веществам доказана в 1780-е годы Б.Пельтье. В 1797 г. С.Теннант установил единую природу алмаза и угля. Вскоре то же было доказано относительно графита
<u>Cu</u>		Самородная медь известна с глубокой древности.	Русское слово медь связано с “металлон” – рудник, место добычи металла у древних народов Средиземноморья и ближней Азии; лат. <i>Cuprum</i> от греч. Кипр, где добывали Cu -руды.		Первые орудия труда из Cu существовали в неолите (~10 тыс. Лет назад); металлургия Cu ведет начало с 5-6 тысяч лет назад.
<u>Pb</u>		восстановлением древесным углем галенита.	Происхождение русского названия неясно; лат. <i>Plumbum</i> , франц. <i>plomb</i> , от которого происходит слово шомба, по применению для		Изделия из Pb установлены в неолите; металлургия Pb была известна

1	2	3	4	5	6
			изготовления пломб, печатей.		более 5500 лет назад
<u>Au</u>		Самородное золото известно с неолита.	Русское название, очевидно, от корня "сол" – солнце, лат. <i>aurum</i> от древнегреческого "аурора" – утренняя заря, дочь Солнца.		Отделение Au от Ag началось ~4000 лет назад.
<u>Ag</u>		Самородное серебро известно с неолита.	Русское серебро от славянского сѣрбро - "сѣрп", знаком которого (сѣрп луны) с древнейших времен химики обозначали серебро; лат. <i>argentum</i> связано с древнегреческим <i>аргес</i> – блестящий, сверкающий, ясный, серебристо-белый.		Первоначально серебро выплавлялось вместе с Рb (~5000 лет назад)
<u>Fe</u>		Самородное железо метеоритов с глубокой древности (~7 тыс. лет назад) использовалось для изготовления украшений (датированы 3000-2500 лет до н. э.). Металлургия железа была основана на восстановлении древесным углем гематита, магнетита, лимонита.	Древнеславянское слово железо имеет корень лез (рез), связанный с приготовлением из железа режущих орудий; происхождение лат. <i>ferrum</i> – не ясно.		Широкое распространение железо получает в железный век (3000-2500 лет назад) с развитием его металлургии.
<u>Sb</u>		Обжигом антимонита с последующим восстановлением оксида	Русск. сурьма от турецкого "сюрме" – натирание, чернение бровей, поскольку препараты сурьмы		Производство сурьмы на Ближнем Востоке было известно чуть ли

1	2	3	4	5	6
		древесным углем.	использовали в косметике. Лат. <i>stibium</i> от греч. "стиби" – названия самого распространенного минерала стибнита (антимонита).		не 5000 лет назад. В качестве элемента принята А. Л. Лавуазье в 1789 г.
<u>Hg</u>		Растиранием киновари с уксусной кислотой в медных чанах медным пестом (медь вытесняла ртуть).	Происхождение русского названия не ясно; лат. <i>hydrargyrum</i> от греч. "гидор" – вода и "арурос" – золото, поскольку ртуть применялась в виде жидкости, растворяющей (извлекающей) золото из руды.		Металлургия ртути существовала в Древнем Египте уже ~ 5000 лет назад
<u>S</u>		Сера известна в самородном состоянии с глубокой древности.	Происхождение русского слова сера и лат. <i>sulfur</i> не ясно.		За 2000 лет до н. э. сера использовалась в Древнем Египте в косметических средствах, при отбеливании тканей и для других целей. Самостоятельность серы как элемента доказана лишь в 1770-х годах А. Л. Лавуазье; отсутствие в ней кислорода – в начале XIX века Ж. Л. Гей-Люссаком и Л. Ж. Тенаром.
<u>Sn</u>		Восстановлением древесным углем	Русское слово олово связано с древнерусским "олу" или "оловина",		Использование Sn в сплавах с Cu – бронзах

1	2	3	4	5	6
		касситерита.	обозначавшим род браги или пива, хранившихся в оловянных или свинцовых сосудах; лат. <i>stannum</i> происходит от санскритского "ста" – твердый, очевидно из-за более высокой твердости по сравнению с Ag и Pb, или повышению твердости Sn-Cu-сплавов по сравнению с Cu.		известно уже ~ 7000 лет назад, когда бронзу получали совместной обработкой касситерита и медных руд.

III – IV вв.

<u>As</u>		Оксид As_2O_3 получали еще в глубокой древности прокаливанием сульфидов мышьяка на воздухе.	В связи с применением для травления грызунов (мышь + яд); лат. <i>arsenicum</i> от греч. "арсен" – сильный, из-за сильного действия соединений мышьяка как яда.		О металлическом мышьяке упоминается в записях, приписываемых Засиму (III – IV в.)
<u>Zn</u>		В древности был известен главным образом в виде сфалерита и ZnO , получаемого его обжигом.	Лат. <i>zincum</i> переводится как белый налёт; возможно от белого летучего оксида ZnO ; общепринято это название лишь с 20-х годов XX в.		Самые древние латунные предметы датированы возрастом ~4500 лет; металлургия Zn была известна в Китае в 600 г. н. э., в Европе первый металлургический Zn получен в XVII в.

XVI век

<u>Bi</u>		В небольшом количестве был известен как самородный висмут;	Возможно от арабск. "би исмид" – обладатель свойств сурьмы или от древнегерманского <i>Wismuth</i> - "белый		Первые печатные сведения о металлургическом Bi
-----------	--	--	---	--	--

1	2	3	4	5	6
		древняя металлургия идентична металлургии сурьмы - обжиг висмутина с последующим восстановлением углем. Позже его стали получать из висмутина восстановительной плавкой с Fe, переходившем в FeS.	металл", или от немецких слов Wiese (луг) и muten (разрабатывать рудник), поскольку в Саксонии Вi издревле добывали на лугах округа Шнееберг.		имеются в трудах Г. Агриколы, датированных 1529 г. В качестве элемента принят в 1789 г. А. Л. Лавуазье.

XVII век

P	1669	Прокаливанием сухого остатка мочи с углем и песком (метод. Х. Бранда).	От греч. "фос " – свет и " ферро" – несу за способность элементарного фосфора к фосфорисценции (свечению).	Х. Бранд	Метод, Х. Бранда был известен арабам ~ 800 лет назад. Самостоятельность P как элемента доказал А. Л. Лавуазье (1789), отсутствие в его составе кислорода – в начале XIX века Ж. Л. Гей-Люссак и М. Ж. Тенар.
---	------	---	--	----------	--

XVIII век

<u>Co</u>	1735	Из арсенидов Co, Ni, Fe в виде королька перед паяльной трубкой.	По имени одного из вредных гномов саксонских рудокопов и металлургов – Кобальда, подсовывавшего по преданию арсениды Co, Ni и Fe	Г. Брандт	
-----------	------	---	--	-----------	--

1	2	3	4	5	6
			вместо серебра.		
<u>Pt</u>	1748	Ввезена в Европу в виде самородков.	От исп. <i>platino</i> - "серебришко", т. к. считалась вредной примесью к самородному серебру.	Дон Антонио де Ульоа	Чистую Pt первым получил в 1750 г. англичанин Уотсон; в 1752 г. после исследования Шеффера признана новым элементом
<u>Ni</u>	1751	Из никелина (по немецки купферникеля – меди гнома Большого Ника) в виде королька перед паяльной трубкой.	По имени веселого гнома-шутника саксонских горняков и металлургов Большого Ника, "подкладывавшего" иногда купферникель вместо медной руды.	А. Ф. Кронштедт	
<u>N</u>	1756	Обжигом металлов в "запаянных накрепко стеклянных сосудах" обнаружил остаток воздуха, не соединяющийся с металлом.	Название "азот" многие производят от греч. "а" – нет и "зот" – жизнь, как не поддерживающий жизни. (назывался также удушливым газом), но Н. А. Фигуровский отмечает, что термин азот (<i>azoth</i>) встречается ещё в рукописях алхимиков, где он обозначал "философский камень и происходил от первых и последних букв латинского, греческого и древнееврейского языков" (А, альфа, алеф и зет, омега, тов – аазот, чего, очевидно не знал А. Л. Лавуазье.	М. В. Ломоносов	В 1772 г. Д. Резерфорд получил N_2 сжиганием фосфора и других веществ под колпаком. Самостоятельность как элемента доказал в 1787 г. А. Л. Лавуазье, получивший N_2 по методике М.В. Ломоносова.
<u>H</u>	1766	Взаимодействием металлов с кислотами.	Русское слово водород является дословным переводом <i>Hydrogenium</i> ,	Г.Кавендиш	Доказал самостоятельность H_2

1	2	3	4	5	6
			производного от греч. "гидро" – вода и "геннао" – рождаю, данного в 1787 г. А. Л. Лавуазье.		как элемента в 1787 г. А. Л. Лавуазье при анализе и синтезе воды
<u>O</u>	1774	Нагреванием $Mg(NO_3)_2$, $NaNO_3$ и других веществ с HgO . При разложении HgO .	Русское слово кислород является дословным переводом лат. <i>oxygenium</i> , производного от греч. "оксос" – кислый и "геннао" – рождаю, данного в 1775 г. А. Л. Лавуазье, считавшего, что кислоты содержат кислород.	К. В. Шееле, Дж. Пристлей К. В. Шееле	Самостоятельность как элемента доказал в 1775 г. А. Л. Лавуазье. Он же показал, что кислород входит в состав многих тел, в том числе H_2O и кислот; выделил O_2 из воздуха.
<u>Cl</u>	1774	В результате взаимодействия HCl с пиролюзитом.	От греч. "хлорос" – желто-зеленый за характерный цвет.	К. В. Шееле	Самостоятельность как элемента доказал Х. Дэви в 1810 г.; он же дал название; отсутствие в нем кислорода доказано в начале XIX в. Ж. Л. Гей-Люссаком и Л. Ж. Тенаром.
<u>Mn</u>	1774	Восстановлением углем из пиролюзита.	По лат. названию минерала пиролюзита - "манганезе", возможно данного стеклоделами от "манганнидзайн" – чистить, поскольку пиролюзит издавна	Ю. Г. Ган и К. В. Шееле	Новый элемент в пиролюзите заподозрил К. В. Шееле; Ю. Г. Ган получил его из.

1	2	3	4	5	6
			используется для просветления стекла.		переданного ему К. В. Шееле пиролюзита
<u>Ba</u>	1774	Выделением BaO из барита.	По минералу бариту, получившему название за высокую плотность от греч. "барос" – тяжелый.	К. В. Шееле	Металлический барий получили в 1808 г. Х. Дэви; а также Й. Я. Берцелиус.
<u>W</u>	1781	WO ₃ выделен при обработке шеелита кислотой.	Первоначально назывался тунгстеном от тунгстенита, как называли шеелит (от шведских "tung" – тяжелый и "sten" – камень); название вольфрам связано с минералом вольфрамитом, из которого также был получен WO ₃ .	К. В. Шееле	Металлический W был получен в 1783 г. Х. Х. д'Элюаром и Ф. д'Элюаром восстановлением оксида углеродом.
<u>Te</u>	1782	Из теллуридов золота, содержащихся в трансильванской руде.	От лат. Tellus – древнегреческой богини, матери Земли.	Ф. И. Мюллер	Доказал, что это новый элемент в 1798 г. М. Г. Клапрот.
<u>Zr</u>	1789	При анализе циркона из Шри-Ланки выделен в виде ZrO ₂ .	От названия минерала циркона, получившего название от персидских "цар" – золото и "гун" – цвет.	М. Г. Клапрот	Металлический Zr получил Й. Я. Берцелиус.
<u>U</u>	1789	Восстановлением желтой земли, полученной из саксонского настурана.	В честь планеты Уран, открытой в 1781 г. У. Гершелем	М. Г. Клапрот	
<u>Sr</u>	1790	Выделен в виде SrO из стронцианита.	По минералу стронцианиту, названному по месту находки вблизи деревни Стронциан в Шотландии.	А. Кроуфорд и В. Крюикшенк	

1	2	3	4	5	6
<u>Mo</u>	1790	Первоначально получен MoO_3 из молибденита, восстановленный затем до Mo.	По минералу молибдениту, получившему название от лат. <i>molybdaena</i> , которым в средние века называли все минералы, оставляющие след на бумаге – графит, молибденит, свинец.	К.В. Шеелс (получил MoO_3), Гьельм (получил Mo)	
<u>Ti</u>	1791	Выделен в виде TiO_2 из ильменита.	В честь царицы эльфов германской мифологии Титании или древних обитателей Земли – титанов.	У. Грегор	Металлический Ti получен в 1875 г. Д. К. Кирилловым.
<u>Y</u>	1794	Разложением гадолинита (прежде иттербита).	По минералу иттербиту (сейчас гадолиниту), названному по местечку Иттербю в Швеции, вблизи которого он был обнаружен.	Ю. Гадолин	
<u>Cr</u>	1797	Из крокоита.	За яркую окраску соединений, от греч. "хромос" – цвет.	Л. Н. Вокелен	
<u>Be</u>	1798	Выделен из берилла в виде BeO .	По минералу бериллу, названному за зеленый цвет некоторых разновидностей (изумруда) от греч. "бериллос" – слова, применявшегося в древности к любым зеленым камням; первоначально назывался глицином от греч. "глинос" – сладкий из-за сладкого вкуса солей.	Л. Н. Вокелен	Металлический Be (с примесями) получен в 1828 г. Ф. Вёлером и А. Брюсси; чистый Be – в 1898 г. П. Лебо путем электролиза.
XIX век					
<u>Nb</u>	1801	При анализе колумбита.	Первоначально назывался колумбием по минералу колумбиту; ниобий по имени Ниобы – дочери мифологического героя Тантала	Ч. Хатчет	

1	2	3	4	5	6
			(Розе, 1844).		
<u>Ta</u>	1802	При разложении танталита получен в виде оксида.	По мученику греческой мифологии царю Танталу, так как химики намучились с его отделением от ниобия (Розе, 1844).	А. Г. Экеберг	
<u>La</u>	1803	Выделен при разложении церита в виде лантановой земли.	От греч. "лантанеин" – скрываться, забываться, так как скрывался от химиков 36 лет.	Й. Я. Берцелиус и В. Хизингер	Чистую лантановую землю выделил в 1839 г. К. Г. Мозандер; он же первым получил металлический La.
<u>Ce</u>	1803	Выделен при разложении церита в виде цериевой земли.	По минералу цериту, названному в честь планеты Церера, открытой за два года до открытия минерала и элемента (в 1801 г.).	Й. Я. Берцелиус и В. Хизингер	Чистую цериевую землю выделил в 1839 г. К. Г. Мозандер; металлический Ce получен в 1875 г. У. Ф. Гиллебрандом.
<u>Rh</u>	1803	Выделен из южноамериканской самородной платины.	От греч. "родозс" – розовый по окраске раствора в царской водке.	У. Г. Волластон	
<u>Pd</u>	1804	Выделен из южноамериканской самородной платины.	В честь названия малой планеты Паллада, открытой почти одновременно с открытием элемента и названной по имени греческой богини Афины (Паллады).	У. Г. Волластон	
<u>Os</u>	1804	Выделен из нерастворимого остатка, образовавшегося при растворении самородной	От греч. "осмэ" – запах, из-за сильного неприятного запаха OsO ₄ .	С. Теннант	

1	2	3	4	5	6
		платины в царской водке			
Ir	1804	То же, что Os.	От греч. "ирис" – радуга, из-за различной окраски солей в зависимости от физико-химических условий.	С. Теннант	
Na	1807	Электролизом NaOH с Hg-катодом с последующей отгонкой Hg.	От арабского "натрон" – селитра (NaNO ₃).	Х. Дэви	Отсутствие в Na и K водорода доказано в начале XIX в. Ж.Л. Гей-Люссаком и Л.Ж. Тенаром.
K	1807	Электролизом KOH с Hg-катодом с последующей отгонкой Hg.	До середины XVIII века K ₂ CO ₃ и Na ₂ CO ₃ не различали и их объединяли под названием сода. Х. Дэви предложил для калия в 1807 г. название potassium (от англ. potass – поташ – зола растений, поскольку в ней много K ₂ CO ₃). В русскую химическую номенклатуру назв. калий (от арабского "аль-кали" – зола растений) введено в 1831 г. Г.И. Гессом.	Х. Дэви	
Mg	1808	Электролизом увлажненного MgO с Hg-катодом и последующей отгонкой Hg.	От магнезии – MgO, получаемой прокаливанием магнезита, названного по месторождению в окрестности греч. города Магнезии.	Х. Дэви	Чистый Mg получил А. Бюсси в 1829 г.
Ca	1808	Аналогично Mg.	От латинского calx – известь, которая образуется при	Х. Дэви	

1	2	3	4	5	6
			прокаливании кальцита (известняка).		
B	1808	Сплавлением B_2O_3 с К.	От перс. "бурах" и араб. "бурак" древнего названия буры, из которой получали B_2O_3 ; русское название – бор предложено в 1815 г. В. М. Севергиным.	Ж. Л. Гей-Люссак и Л. Ж. Тенар	Несколькими месяцами позже Х. Дэви получил бор электролизом расплава B_2O_3 .
I	1811	Из маточного раствора, использовавшегося при получении силитры из золы растений.	От греч. "иодес" – темно-синий, фиолетовый за окраску элементарного I_2 и его паров.	Б. Куртуа, Н. Клеман, Ш. Б. Дезорм, Ж. Л. Гей-Люссак	Почти одновременно со статьей Н. Клемана, Ш. Б. Дезорма и Ж. Л. Гей-Люссака вышла работа Х. Дэви с описанием йода, полученного им от Н. Клемана и Ш. Б. Дезорма.
Li	1817	При анализе петалита.	От лат. "литос" – камень, поскольку петалит был первым силикатом, в котором обнаружили новый элемент.	И. А. Арфведсон	
Se	1817	Выделен из осадка в серной кислоте, полученной из пирита Фалуна (Швеция).	От греч. "селэнэ" – луна, как спутник теллура, названного в честь земли.	Й. Я. Берцелиус	
Cd	1817	Из желтоватых ZnO , $ZnCO_3$ и других Zn – препаратов, выпускавшихся Шенобекской фабрикой в Германии.	От греч. "кадмея", обозначавшего издавна цинковые руды и оксид цинка.	Ф. Штроемeyer	

1	2	3	4	5	6
Al	1825	Восстановлением AlCl_3 амальгамой калия.	От лат. <i>alumen</i> – квасцы, соединения Al получались ранее из квасцов.	Г. Х. Эрстед	
Si	1825	Восстановлением SiF_4 и K_2SiF_6 калием.	От лат. "silex" – кремь; для обозначения SiO_2 В. М. Севергин ввел термин кремнезем; русское название кремний от кремнезема появилось в 1834.	Й. Я. Берцелиус	
Br	1825	Вытеснением хлором из щелока, полученного из морских водорослей.	От греч. "бромос" – зловонный.	А. Ж. Балар	
Th	1828	При анализе торита из Норвегии.	По имени древнескандинавского бога войны, грома и молнии Тора.	Й. Я. Берцелиус	Чистый Th получен в 1882 г. Л. Ф. Нильсоном; радиоактивность Th открыта в 1898 г. Независимо М. Кюри-Склодовской и Г. Шмидтом.
V	1830	При анализе ванадинита, а затем выделен из шлака "лучших" шведских домен.	В честь Ванадис – богини красоты древних скандинавов; присутствие V улучшало ковкость стали (Сефстрем); Дель Рио первоначально называл его электронием, но затем решил, что он обнаружил Cr.	Й. Я. Берцелиус Р. Сефстрем; до них V был выделен А. М. Дель Рио.	Относительно чистый V выделен в 1869 г. Г. Роско.
Tb	1843	Выделен из иттриевой	От иттербита (гадолинита).	К. Г.	Чистый Tb получил

1	2	3	4	5	6
		земли, полученной из иттербита (гадолинита).		Мозандер	лишь в начале XX в. Ж. Урбен.
<u>Ru</u>	1844	Выделен из уральской самородной платины.	В честь России от её лат. названия Rutenia .	К. К. Клаус	
Rb	1861	При спектральном анализе осадка хлороплатинатов Rb и Cs, полученного упариванием 40 м ³ минеральных вод Баден-Бадена.	От лат. <i>rubidus</i> – красный, темно-красный из-за двух характерных линий в темно-красной области спектра.	Р. В. Бунзен и Г. Р. Кирхгоф	
Cs	1861	См. Rb; кроме того при спектральном анализе лепидолита.	От лат. <i>caesius</i> – небесно-голубой из-за двух ярких характеристических линий в синей области спектра.	Р. В. Бунзен и Г. Р. Кирхгоф	
Tl	1861	При спектральном анализе пыли свинцовой сернокислотной камеры.	От лат. <i>thallus</i> – “распускающаяся ветка” из-за яркости спектральной линии – первой восточки нового элемента.	У. Крукс	
In	1863	При спектральном анализе $ZnCl_2$, полученного из сфалерита из окрестности Фрейберга.	По ярко-синей, индиговой линии спектра, характерной для In.	Ф. Рейх и И. Рихтер	
He	1868	Спектроскопически в спектре солнечной короны.	От греч. “гелиос” – солнце.	Ф. К. Жансен и Дж. Локьер	

1	2	3	4	5	6
<u>Ga</u>	1875	При спектральном анализе сфалерита из Пьеррфита (Пиреней).	От лат. Gallia – названия Франции, а возможно и в честь Лекока де Буабодрана, поскольку le coq (петух) по франц. по лат. gallus.	Лекок де Буабодран	
<u>Sm</u>	1878	Спектроскопически в “оксиде дидима”, выделенном из самарскита.	От самарскита (Лекок де Буабодран).	Делафон-тен и Лекок де Буабодран	
<u>Yb</u>	1878	Выделен из “иттриевой земли”, полученной из иттербита (гадолинита).	От иттербита.	Ж. Ш. Г. Мариньяк	
<u>Sc</u>	1879	Выделен в виде новой “редкой земли” при работе над извлечением Yb из эвксенита.	В честь Скадинавии.	Л. Ф. Нильсон	
<u>Ho</u>	1879	При спектральном анализе Y – земли, выделенной из иттербита.	От старинного лат. названия Стокгольма – Holmia.	П.-Т. Клеве	
<u>Er</u>	1879	То же, что Ho.	От иттербита (гадолинита).	П.-Т. Клеве	
<u>Tm</u>	1879	То же, что Ho.	По древнему названию Скандинавии – Thule.	П.-Т. Клеве	
<u>Gd</u>	1880	То же, что Ho.	В честь Юхана Гадолина.	Ж. Ш. Г. Мариньяк	В относительно чистом виде получен в 1882 г.
<u>Pr</u>	1882	При спектральном анализе “дидимовой	От греч. “прадиос” – светло-зеленый по цвету большинства солей.	Б. Браунер	Аналитически “дидим” разделил на

1	2	3	4	5	6
		земли”.			два элемента Pr и Nd А. Фон Вельсбах в 1885 г.
Nd	1885	При химическом анализе “дидимовой земли”.	От лат. neo didimus – “новый дидим”, т. к. был получен из дидимовой земли (дидима).	А. Фон Вельсбах	
F	1886	При электролизе безводного HF с небольшими примесями KF в платиновом аппарате.	От греч. “фториос” – разрушительный из-за действия плавиковой кислоты (А. Ампер, 1810). Лат. fluorum от лат. fluo – течь, корень которого использован в названии флюорита, из-за понижения плавления других веществ; он, в частности, используется в качестве флюса – плавикового шпата в металлургии.	А. Муассан	
Ge	1886	При анализе нового минерала аргиродита Ag_8GeS_6 .	В честь Германии.	К. Винклер	
Eu	1886	При анализе самарскита.	В честь Европы (1901).	Э. Демарсе	
Dy	1886	Спектроскопически в “иттриевой земле” из иттербита (гадолинита).	От греч. “диспоситос” – трудно доступный, т. к. давно скрывался от химиков.	Лекок де Буабодран	Чистый Dy получил Ж. Урбен в 1906 г.
Ar	1894	При фракционировании жидкого воздуха.	В переводе с греч. недейтельный, из-за инертности.	Д. У. Стратт (лорд Релей) и У. Рамзай	

1	2	3	4	5	6
<u>Po</u>	1898	Радиохимически из саксонского настурана.	В честь Польши от лат. её названия <i>Polonia</i> .	Супруги М. и П. Кюри	
<u>Ra</u>	1898	Радиохимически из саксонского настурана.	От лат. <i>radius</i> – излучение, луч, из-за способности испускать радиоактивные лучи.	Супруги М. и П. Кюри	Металлический Ra получен в 1910 г. М. Кюри-Склодовской и А. Дебьерном.
<u>Ac</u>	1898	Радиохимически – в остатке препаратов, полученных после выделения Ra и Po из настурана.	По аналогии с радием от греч. “актис” – излучение.	А. Дебьерн	
<u>Ne</u>	1898	При спектроскопическом изучении свечения газоразрядной трубки с Ne, выделенном при фракционировании жидкого воздуха.	От англ. <i>new one</i> – новый, ещё один – возгласа 12-летнего сына У.Рамзая, вошедшего в лабораторию и увидевшего свечение трубки.	У. Рамзай	
<u>Kr</u>	1898	Спектроскопически в высококипящей фракции жидкого воздуха.	От греч. “криптос” – скрытый, т. к. не сразу был обнаружен.	У. Рамзай	
<u>Xe</u>	1898	Спектроскопически в высококипящей фракции жидкого воздуха.	От греч. “ксенос” – чужой, т. к. в отличие от остальных благородных газов, будучи “чуждым” им, оставался в тяжелой фракции жидкого воздуха.	У. Рамзай	

XXвек

1	2	3	4	5	6
<u>Rn</u>	1900	При радиохимическом изучении эманации, возникающей при радиоактивном распаде Th, Ra, Ac.	По наиболее долгоживущему изотопу Rn^{222} , образующемуся при распаде Ra^{226} .	Э. Резерфорд и Р. Оуэнс, А. Дебьерн	(Rn^{222} как эманацию Ra), (Rn^{220} как эманацию Th).
<u>Lu</u>	1907	Из "иттербиевой земли", выделенной из "эрбиевой земли" в 1878 г. Ж. Ш. Г. Мариьяком. "Эрбиевая земля" выделена в 1848 г. К. Г. Мозандером из "иттриевой земли", полученной из иттербита	От старинного лат. названия Парижа – Lutetia (возможно в противовес полонию).	Ж. Урбен	
<u>Ra</u>	1917	При химической переработке минералов U.	От лат. protos – первый, родоначальный и греч. "актис" – излучение.	О. Ган и Л. Мейтнер; Ф. Содди и Дж. Кренстон (одновременно)	Первые 2 мг чистого оксида Ra получены в 1927 г. А. Гроссе; металлический Ra получен в 1934 г. А. Гроссе и М. Агрус.
<u>Hf</u>	1923	При рентгено-спектральном анализе остатка после кислотного выщелачивания норвежских и гренландских цирконов (линии рентгенограммы	От лат. названия Копенгагена – Hafnia.	Д. Хевеши и Д. Костер	

1	2	3	4	5	6
		совпали с вычисленными по закону Мозли).			
Re	1925	При рентгено-спектральном анализе одной из фракций колумбита; в 1926 г. Re выделен из молибденита	В честь Рейнской провинции – родины Иды Ноддак.	Супруги В. и И. Ноддак	Первый грамм сравнительно чистого Re получен В. и И. Ноддаками в 1928 г.
Tc	1937	Выделен радиохимически из облученного Mo.	От греч. "технос" – искусственный, т. к. был синтезирован в результате облучения.	Э. Сегрэ и К. Перье	
Fr	1939	Радиохимически в продуктах распада Ac.	В честь Франции.	М. Пере	
At	1943	Радиохимически в облученном Bi.	От греч. "астатос" – неустойчивый.	Д. Корсон, К. Мак-Кензи, Э. Сегрэ	
Pm	1947	Радиохимически среди продуктов ядерного реактора.	В честь мифологического титана Прометея.	Дж. Маринский, Л. Гланденин и Ч. Коризл.	

Таблица 2

Ученые, открывшие отдельные химические элементы или доказавшие их самостоятельность (по алфавиту)

Ученый	Годы жизни	Специальность	Открытые элементы	Название минерала в честь ученого (год)
1	2	3	4	5
Агрикола Георгий	1491-1555	Первоначально городской врач в Яхимове – основатель научной минералогии, горного дела и металлургии.	Bi (первым доказал его самостоятельность).	[Агриколит (1873) = эвлитину] *
Арфведсон Иоганн Август	1792-1811	Шведский химик.	Li	Арфведсонит
Ауэр фон Зельсбах Карл	1858-1929	Австрийский химик.	Nd, Pr	
Балар Антуан Жерар	1802-1876	Профессор химии в Париже (с 1842 г.).	Br	
Берцелиус Йенс Якоб	1779-1848	Профессор химии и фармации Королевского медико-хирургического института в Стокгольме, чл. (с 1808) и президент (с 1818 г.) Шведской АН **, ин. чл. Петербургской АН (с 1820 г.).	Si, Se, Ce, La, Th	Берцеллит (1840), берцелианит (1850).
Бранд Хеннинг	XVII век	Алхимик - любитель из Гамбурга, Германия.	P (описал способ его получения).	
Брандт Георг	XVIII век	Химик шведского монетного двора.	Co	
Браунер Богуслав	1855-1935	Лектор (с 1882 г.), доцент (с 1890 г.), профессор (с 1897 г.) Карлова университета в Праге.	Pr	

1	2	3	4	5
Бунзен Роберт Вильгельм	1811-1899	Преподавал химию в Касселе, Марбурге, с 1852 г. – зав. кафедрой химии Гейдельбергского ун-та; ин. чл. Петербургской АН (с 1862 г.).	Rb, Cs	Бунзениит (1877)
Винклер Клеменс	1838-1904	Профессор химии и металлургии Горной академии во Фрейберге, Саксония (с 1873 г.).	Ge	[Винклерит (1872) = смесь арсенатов Cu и Са с гидроксидами Со и Ni]
Вокелен Луи Никола	1763-1829	Член Парижской АН (с 1791 г.).	Be, Cr	Вокелениит (1818)
Волластон Уильям Кайд	1766-1828	Английский естествоиспытатель и изобретатель – сконструировал гониометр и изобрел рефрактометр.	Rh, Pd	Волластонит (1801)
Гадолин Юхан	1760-1852	Профессор ун-та в Або, ин. чл.-корр. Петербургской АН (с 1811 г.).	Y	Гадолиниит (1800)
Ган Отто	1879-1968	Немецкий радиохимик и физик - атомщик	Pa	
Ган Юхан Готтлиб	1745-1818	Владелец медных рудников в районе Фалуна (Швеция).	Mn, Ba	Ганит (1807)
Гей-Люссак Луи Козеф	1778-1850	Профессор химии в политехнической школе и профессор физики Парижского университета.	B, I	Гейлюссит (1826)
Глендениит Л.		Американский радиохимик.	Pm	
Грегор Уильям	1761-1817	Английский химик и минералог.	Ti	
Гьельм П. Я.		Помощник Шееле.	Mo	
Дебьерн Андре	1847-1949	Французский радиотехник (помощник П. и М. Кюри).	Rn ²²⁰ , Ra, Ac	
Дезорм Шарль Бернар	1777-1862	Французский химик, ассистент Гитона де Морво из Политехнической школы	I	

1	2	3	4	5
		Парижа.		
Делафонтен		Французский химик.	Sm	
Дель Рио Андреа Мануэль	1764-1849	Мексиканский химик и минералог.	V	
Демарсе Э.		Французский химик.	Eu	
Дэви Хемфри	1778-1829	Химик Легочного ин-та в Клифтоне, Англия (с 1798 г.); ассистент (с 1801г.), профессор (с 1802 г.) Королевского ин-та, президент Лондонского Королевского об-ва (с 1820 г.).	B, Na, Mg, K, Ca; доказал, что алмаз = C	Дэвин (1825)
Кавендиш Генри	1731-1810	Английский химик и физик; чл. Лондонского Королевского об-ва (с 1760 г.); ин. чл. Парижской АН (с 1802 г.).	H	
Кирхгоф Густав Роберт	1824-1887	Профессор физики в Бреслау, Гейдельберге, Берлине; ин. чл. Петербургской АН (с 1862 г.).	Rb, Cs	
Клапрот Мартин Генрих	1743-1817	Первый ординатор химии Берлинского ун-та; чл. Берлинской АН.	Ti, Sr, Zr, Ce, U	Клапротит (1824)
Клаус Карл Карлович	1796-1864	Профессор химии Казанского ун-та; чл.-корр. Петербургской АН (с 1861 г.).	Ru	
Клеве Пер-Теодор	1840-1905	Шведский химик и спектроскопист, профессор Упсальского ун-та (с 1874 г.), Швеция.	Ho, Er, Tm	[Клевеит (1874) = Y-уранинит]
Клеман Никола	1779-1841	Французский химик, ассистент Гитона де Морво из Политехнической школы Парижа.	I	
Кориэлл Ч.		Американский радиохимик.	Pm	
Корсон Д.		Физик Калифорнийского ун-та, США.	At	

1	2	3	4	5
Костер Д.		Голландский спектроскопист.	Hf	
Кренстон Дж.		Английский физик.	Pa	
Кронштедт Аксель Фредерик	1722-1765	Профессор химии и минералогии Упсальского ун-та, Швеция.	Ni	Кронштедтит (1820)
Кроуфорд А (Крофорд А.)		Английский химик, работал совместно с В. Крюикшенком.	Sr	
Крукс Уильям	1832-1919	Английский физик и химик; чл. (с 1863) и президент (1913-1915) Лондонского Королевского об-ва.	Pt	Круксит (1866)
Куртуа Бернар	1777-1838	Французский химик и заводчик; на своём заводе производил, в частности, селитру из золы водорослей.	I	
Крюикшенк В.		Английский химик (работал вместе с А. Кроуфордом).	Sr	
Кюри (супруги)		Французские физики и химики, первооткрыватели радиоактивности.	Po, Ra	
Пьер Кюри	1859-1906	Профессор школы физики и химии (с 1883 г.), Парижского ун-та (с 1904 г.).		Кюрит (1921)
Мария Склодовская-Кюри	1867-1934	Профессор Парижского ун-та (с 1906 г.), почетный директор Варшавского ин-та радиа (с 1923), ин. чл. АН СССР (с 1926).		Склодовскит (1924)
Лавуазье Антуан Лоран	1743-1794	Французский химик, адъюнкт Парижской АН (с 1768 г.).	N; доказал самостоятель ность O как элемента.	
Лекок де Буабодран Поль Эмиль	1838-1912	Французский химик, чл.-корр. Парижской АН (с 1878 г.).	Ga, Sm, Dy	

1	2	3	4	5
Ломоносов Михаил Васильевич	1711-1765	Русский естествоиспытатель, поэт, лингвист и историк, адъюнкт (с 1742 г.), затем академик (с 1745 г.) Петербургской АН.	N (впервые выделил).	Ломоносовит (1941)
Мак-Кензи К.		Физик Калифорнийского ун-та, США.	At	
Маринский Дж.		Американский радиохимик.	Pm	
Мариньяк Жан Шарль Галиссар	1817-1894	Профессор химии Женевского ун-та (1841-1878).	Gd, Yb	[Мариньякит (1907) = TR-пирохлор]
Мейтнер Лизе	1878-?	Профессор физики Берлинского ун-та (1926-1933 гг.); при гитлеровском режиме эмигрировала в Швецию.	Pa	
Менделеев Дмитрий Иванович	1834-1907	Профессор химии Петербургского технологического ин-та (1864-1866 гг.), а с 1867 г. – Петербургского ун-та.	В 1870 г. предсказал Ga, Ge и их свойства.	[Менделеевит (1914) = Са-бетафит]
Мозандер Карл Густав	1797-1858	Профессор химии и минералогии Каролинского ин-та в Стокгольме.	Tb	Мозандрит (1841)
Муассан Анри	1852-1907	Зав. кафедрой химии Парижского ун-та, ин. чл. Петербургской АН (с 1904 г.).	F	Муассанит (1905)
Мюллер Франц Иозеф – барон фон Рейхенштейн	1740-1825	Один из организаторов горнорудной промышленности в Венгрии.	Te	[Мюллерит (1899) = нонтронит, синоним шерлита и кренерита]
Нильсон Ларс Фредерик	1840-1899	Профессор химии Упсальского ун-та (с 1878 г.), затем – сельскохозяйственной академии в Стокгольме (с 1882 г.).	Sc	
Ноддак, супруги Вальтер Ноддак и Ида Ноддак		Немецкие физико-химики.	Re	

1	2	3	4	5
(Также)				
Оуэнс Р.		Английский физик, сотрудник Резерфорда.	Rn ²²⁰	
Пере Маргарита		Французский радиохимик.	Fr	
Пристлей Джозеф	1733-1804	Английский естествоиспытатель и философ, член Королевского об-ва в Лондоне (с 1766 г.).	O	
Рамзай Уильям	1852-1916	Английский химик и физик; ин. чл.-корр. (с 1901 г.) Петербургской АН (с 1913 г.).	Ne, Ar, Kr, Xe, Rn	[Рамзаит (1922) = лоренценит]
Резерфорд Эрнст	1871-1937	Английский физик. Профессор – исследователь Макгильского ун-та в Монреале (с 1898 г.), с 1919 – директор Ин-та Кавендиша в Кембридже, Англия; ин. чл. АН СССР (с 1925 г.).	Rn ²²⁰	Резерфордин (1906)
Рэлей = Стратт Рейх Фердинанд	1799-1882	Немецкий химик и спектроскопист, директор металлургической лаборатории Фрейбергской горной академии.	In	
Рихтер Иеронимус	1824-1898	Немецкий химик и спектроскопист, ассистент Ф. Рейха.	In	
Сегрз Эмилио	1905 г. р.	Физик Калифорнийского ун-та.	Tc, At	
Сефстрем Н.	1787-1845	Шведский химик, сотрудник Й. Я. Берцелиуса.	V	
Содди Фредерик	1877-1956	Английский физик и радиохимик; профессор в Оксфорде; ин. чл.- корр. АН СССР (с 1924 г.).	Rn, Ra	Соддиит (1922)
Стратт Джон Уильям – лорд Рэлей	1842-1919	Английский физик, директор Кавендишской лаборатории (1879-1884); чл. (с 1877) и президент(с 1905)	Ar	

1	2	3	4	5
		Лондонского Королевского об-ва, ин.чл.-корр. Петербургской АН (с 1896 г.).		
Тенар Жан Луи	1777-1857	Французский химик из Парижского ун-та; много работал совместно с Гей-Люссаком	B	Тенардит (1826)
Теннант Смитсон	1761-1815	Английский химик; чл. Лондонского Королевского об-ва (с 1785 г.).	Os, Ir	Теннантит (1819)
Де Ульоа дон Антонио	1716-1795	Испанский математик и путешественник.	Pt	
Урбен Жорж	1872-1938	Французский химик, профессор Парижского ун-та (с 1908 г.); чл. Парижской АН (с 1921 г.); ин. чл.-корр. АН СССР (с 1925 г.).	Lu	
Хатчет Чарльз	1765-1847	Английский химик.	Nd	[Гатчетолит (1877) = U, Tr, Na – пирохлор]
Хевеши Дьердь	1885-1966	Венгерский физико-химик; профессор физической химии во Фрейберге и Копенгагене.	Hf	
Хизингер Вильгельм	1776-1852	Шведский химик (учитель Берцелиуса); владелец железных рудников.	La, Ce	
Шееле Карл Вильгельм	1742-1786	Аптекарь в Гётеборге и Мальме, Швеция; чл. Шведской Королевской АН (с 1775 г.).	O, Cl, Mn, Mo, Ba, W	Шеелит (1821)
Экеберг Андре Густав	1767-1813	Шведский химик и минералог, профессор Упсальского ун-та (учитель Берцелиуса).	Ta	[Экебергит (1824) = скаполит]
Эрстедт Ганс Христиан	1777-1851	Профессор физики Копенгагенского ун-та (с 1806 г.), директор Политехнической школы в Копенгагене (с 1829 г.), непреходящий секретарь Датского Королевского об-ва (с 1815 г.).	Al	[Эрстедтит (1835) = метамиктный U-циркон]

(примечание: *В квадратных скобках приведены дискредитированные названия минералов и название минерала, которому они соответствуют

** Принятые сокращения: ун-т – университет, чл.-корр. – член-корреспондент, чл. – действительный член АН; АН – Академия наук, ин. – иностранный, зав. каф. – заведующий кафедрой, р-н – район.

Важными предпосылками к развитию учения о внешней форме кристаллов минералов, формированию кристаллографии явились достижения древнегреческих учёных и философов, выразившихся в геометрии Платона (427-347 гг до н.э.), его объёмных многогранниках, в представлениях Аристотеля (384-322 гг до н.э.) о полном выполнении объёма как правильными многогранниками, так и любыми формами вообще. В древнегреческой же науке закладываются представления об атоме как невидимой, неделимой мельчайшей частице веществ, учение о материи, состоящей из атомов (Левкипп ~500-440 гг. до н.э. и его ученик Демокрит ~460-370 гг. до н.э., Эпикур 342-270 гг. до н.э.).

Особо надо отметить, что к началу нашей эры человеку были известны не только простейшие физические и химические свойства минералов, используемые при их диагностике, но и такие, которые позже дали развитие самостоятельным разделам физики. Сказанное относится к статическому электричеству и магнетизму. Со статическим электричеством человек познакомился несколько тысяч лет назад, скорее всего на янтаре.

Магнетизм*, обративший на себя внимание притяжением железа магнетитом, известен также с глубокой древности как в Древнем Китае, так у римлян и греков. При этом важно, что уже несколько тысячелетий назад явления магнетизма начали использовать и в практических целях. Так, магниты использовались в медицине Древнего Китая. Там же за 2000 лет до н.э. были известны стальные магниты, используемые в качестве компаса на морских судах. В Европу сведения об этом проникли от арабов только в XII в., причём долгое время исследование магнитных явлений проводилось на прямоугольных или круглых магнитах, изготовленных из магнетита, заключённого в специальную оправу из бронзы. Подобные магниты были в распоряжении М. В. Ломоносова и многих исследователей XVIII и XIX веков.

Таким образом, к началу нашей эры человечество обладало многочисленными конкретными знаниями, в том числе и по свойствам минералов, их диагностике, методам поиска, добычи и переработки. Наряду с этим осмысливание имевшихся знаний было в самом зачаточном состоянии, представления об элементах, слагающих отдельные вещества, лишь только зарождались и были самыми фантастическими. Самые невероятные представления существовали и на происхождение минералов. Много

* Слова магнит, магнетит имеют общий корень, который скорее всего происходит от названия города Магнезия в Греции, около которого несколько тысячелетий назад были известны большие залежи магнетита, хотя некоторые считают, что оно связано с именем пастуха Магнеса, первым обнаружившим притяжение гвоздей своих башмаков и железного наконечника посоха магнетитом горы Ида.

свидетельств сказанному можно найти в 37-томной "Естественной истории" крупного римского писателя и учёного, погибшего при наблюдении извержения Везувия, Кая Плиния Секунда Старшего (23-79 гг. н.э.). В ней, наряду со строго фактическими научными данными по свойствам ряда минералов, методами их диагностики приводятся поверья об их магической силе. Там же даны сведения вроде того, что киноварь образовалась при смешении крови дракона и крови слона при их битве, широко распространенные в то время представления о происхождении горного хрусталя из льда под действием небесного тепла, представления о "беременных камнях", порождающих себе подобные камни и т.п.

В Древнем Египте широкое развитие получают различные подделки драгоценных камней и металлов. Для этого использовались стеклянные имитации драгоценных камней, основное сходство с которыми у них было лишь в прозрачности и цвете. Имитации драгоценных металлов создавались, главным образом, путём различных способов окраски поверхности обычных металлов. При этом подобные подделки (имитации) обычно рассматривались как подлинное "превращение" одного вещества в другое, что и явилось экспериментальной базой для идеи Аристотеля о возможности превращения (трансмутации) различных металлов в золото, захватившей умы многих химиков в последующие столетия.

Оценивая значение доисторического периода человечества в развитии химии, Р. А. Фигуровский [18] писал: *"Таким образом, в течение многовекового периода древнего мира человечество не только накопило многочисленные и различные химико-практические знания и научилось использовать разнообразные вещества и некоторые химические превращения для разных целей, но и создало первоначальные теории о природе веществ, о началах, или стихиях, их составляющих, выдвинуло важнейшие положения об атомном строении материи и теории о происхождении металлов и минералов и т.п."* и далее: *"Можно утверждать, что именно металлургия и формация, зародившиеся на заре культурного развития человечества и получившие большое развитие в древности, и являются основой дальнейшего развития химии"* (с. 78-79) и минералогии, являвшейся составной частью первой.

* Ранее подобные же представления на природу кристаллов высказывались Аристотелем и были повторены Диодором Сицилийским (60-29 гг. до н.э.), который в "Истории всех стран и народов", касаясь Аравии, писал: *"Здесь рождаются не только звери, выдающиеся по своей внешности, объясняющейся действием и силой солнца, но также находятся и месторождения различных камней, удивительных по окраске, прозрачности и блеску... Кристаллы этих мест образовались затвердением чистой воды, но не посредством холода а при помощи силы божественного солнца"* (ср. [23] с. 27).

Начало нашей эры - эпоха Возрождения.

В химии с начала нашей эры и до средневековья всё большее значение приобретают опыты по поиску философского камня, путей превращения различных веществ в золото* опиравшиеся на мировоззрение Аристотеля, захватившее умы ученых на многие столетия.

После разгрома около 600 г.н.э. египетской и греческой культуры арабами, они ассимилируются последними. Закладываются основы новой арабской науки, получившей особенно бурное развитие в 800-900-х годах. У химии появляется новое название - алхимия, включающее типичную для арабского языка частицу "ал". Крупнейшими врачами-алхимиками средневековья были перс Абу Бакр Мухаммед бен Закария ар-Рази (865-925), таджикские ученые Абу-Али ибн-Сина (980-1037), известный в Европе под именем Авиценны и Абу-Рейхан-Мухаммед ибн Ахмед аль-Бируни (972-1048).

Ар-Рази верил в трансмутацию металлов и определял задачи алхимии как поиск эликсира для подобной процедуры, получение из обычных камней (кварца и стекла) драгоценных камней. Основными элементами, составляющими металлы, он считал ртуть, серу и компонент соляной природы, что позже получило широкое распространение в европейской алхимической литературе. В своей "Книге тайны тайн" Ар-Рази впервые в истории химии классифицировал все известные вещества, разделив их *"на три больших класса: 1) землистые (минеральные), 2) растительные и 3) животные."* Минеральные вещества он делит на шесть групп: 1) "духи" (спирты, летучие вещества), к этой группе он относит ртуть, нашатырь, аурипигмент или реальгар (вероятно, и то и другое) и серу; 2) "тела" (т.е. металлы), всего их семь: золото, серебро, медь, железо, олово, свинец, и "харасин" (вероятно цинк); 3) "камни", всего их тринадцать: марказит, марганцовая руда, бурый железняк, галмей, ляпис-лазурь, малахит, бирюза, красный железняк, белый мышьяк, сернистый свинец и сернистая сурьма, слюда, гипс и стекло; 4) "купоросы", их шесть видов: чёрный купорос, квасцы, белый купорос (вероятно, цинковый), зелёный купорос, жёлтый ($Fe_2[SO_4]_3$), красный (вероятно, также сульфат железа); 5) "бораки" (бура?), их также шесть видов: хлебная бура (вероятно,

* Одним из основных признаков вещества в это время считали его цвет. Поэтому к золоту относили многие сплавы и соединения золотисто-желтого цвета, точно также, как к серебру - вещества с ярким серебристо-белым цветом. Известно, что попытки изготовления золота из других металлов, например, в Древнем Китае существовали ещё за 300 лет до н.э.; в 144 г. до н.э. там же был издан специальный указ, запрещающий подобную деятельность.

поташи), натрон (сода) бура ювелиров, "тинкар" (род мыла, применявшегося при пайке металлов), зараванская бура, арабская бура; б) "соли", 11 видов: хорошая соль (обычная), горькая (возможно, мирабилит или английская), каменная, белая, нефтяная, индийская, китайская соль, поташ, соль мочи, известь и соль золы.

Растительные вещества Ар-Рази не перечисляет, упоминая лишь о том, что они редко употребляются. Из животных веществ он выделяет 10: волосы, кости, черепа, мозг, желчь, кровь, молоко, моча, яйца, раковины ("мать перлов") и рог.

Кроме этих основных групп веществ Ар-Рази выделяет группу так называемых производственных веществ. К их числу он относит "тела" и "нетела" (т.е. металлы и неметаллы). К числу производных тел - металлов, относятся сплавы: латунь, бронза, сплав семи металлов, сплав меди со свинцом (свинцовая бронза) и "муфраг". К числу неметаллов относятся: ярь-медянка, крокус, свинцовый глет, сурик, свинцовые белила, окись меди и др." (по [17], с. 90).

В этой же книге он описал многие химические приборы и операции - плавление, декантацию, фильтрование, дегидратацию, дистилляцию, сублимацию, амальгамацию, растворение, коагуляцию и др.

Сочинения Ар-Рази имели большое влияние не только на арабских, но и на европейских алхимиков. Они проникли в арабскую Испанию (Толедо и ряд других городов), были переведены на латинский язык и "особо почитались западноевропейскими алхимиками" [17, с. 92].

Ибн-Сина в своей "Книге исцеления" дал более обобщенную систематику твердых природных тел, подразделив их на: 1) камни и земли, 2) серные (горючие) вещества, 3) металлы (плавкие тела), 4) соли (растворимые в воде вещества). Таким образом, он отделил сульфиды от металлов, поместив их в серные вещества, и объединил ряд классов Ар-Рази - купоросы, бораки и соли в один класс солей. В описаниях камней ибн-Сина отмечает не только их свойства, но и происхождение. Труды ибн-Сины также попали в арабскую Испанию и были переведены на латинский язык. Они служили основными руководствами для врачей до XVIII в. Его классификация природных тел также использовалась в дальнейшем более 8 всков и нашла своё отражение, например, в высших таксонах систематики В. М. Севергина, опубликованной в 1798 г.

В своей "Книге сводок для познания драгоценностей", написанной в 1048 г., Аль-Бируни описывает 48 камней, относя к ним камни мускусных животных, жемчуг, стекло, эмаль, фарфор, некоторые сплавы. Все минералы Аль-Бируни расположил в зависимости от их твердости, используя для её определения

шкалу, состоящую из: 1) алмаза, 2) корунда, 3) агата. Он с большой точностью определил плотность металлов по отношению к золоту и остальных камней по отношению к сапфиру*, чем пользовался при их диагностике, и для опровержения заключений других алхимиков о симпатических свойствах минералов. Для диагностики камня Аль-Бируни пользовался лупой. Газово-жидкие и жидкие включения в минералах он считал доказательством их образования из окаменевающей жидкости. В своей книге Аль-Бируни привёл также сведения по обработке камня - механической, химической, термической, описал многие месторождения.

Оценивая роль арабских алхимиков в истории химии Н. А. Фигуровский [17] отметил: *"Арабских ученых-алхимиков нельзя рассматривать лишь как эпигонов химиков-философов эллинистического Египта. Алхимики арабского периода значительно расширили круг химических сведений, ввели в практику ремесленного производства и в лабораторный обиход много новых веществ, разработали методы получения и обработки различных материалов и химикалий и описали их в своих сочинениях. В теоретическом отношении они также пошли несколько дальше своих предшественников, дав, например, наряду с учением Аристотеля об элементах-качествах теорию состава металлов из ртути и серы и разработав первую классификацию веществ"* (с.95).

В то же время в Европе появляются многочисленные книги о камнях (лапидарии), включающие, наряду с описанием реальных свойств минералов и их кристаллов, множество легендарных представлений. Наряду с этим их авторы высказывают и сомнения относительно истинности некоторых из них. В качестве примера подобных описаний можно привести помещённые в книге И.И.Шафрановского описания "кристалла" (кварца) и алмаза из "Книги о камнях" Мардота Реннского (1035-1123) ([23], с.38-39):

* Пересчёт Г.Г.Леммлейна этих величини показал их близость к современным значениям:

Вещество	Плотность	
	По Аль-Бируни	Современные данные
Золото	19,08	19,25
Серебро	10,42	10,50
Медь	8,71	8,93
Железо	7,96	7,86
Сапфир	4,00	3,97 - 4,12
Рубин	3,88	3,94 - 4,08
Изумруд	2,79	2,67 - 2,77
Горный хрусталь	2,58	2,59 - 2,66
Жемчуг	2,62	2,5 - 2,78

Кристалл

Чистый кристалл - это лёд, отвердевший за долгие годы, -
 Так говорят мудрецы, относя к доказательствам веским
 То, что таит он в себе рожденья и холод и ясность.
 Только не все признают достоверность таких
 рассуждений,

Ибо находят кристалл зачастую в полуденных странах,
 Там, где суровой зимы и снегов никогда не бывает.

Чудное свойство кристалла бесспорно нельзя не
 отметить:

Он похищает у солнца избыток жары бесконечной
 И порождает огонь, который своими лучами
 Может успешно зажечь лежащие возле предметы.

С мёдом кристалл в порошке для кормилицы доброй
 полезен:

Сладкий напиток из них даёт молока изобилье.

Перевод И. И. Шафрановского

Алмаз

Самый лучший алмаз добывается в Индии дальней,
 Это горный хрусталь, прошедший утробу металлов.

Он сохранил металлический цвет, однако такое
 Есть сияние в нём, с которым хрусталь не сравнится.

Твёрдость его такова, что ничем одолеть невозможно -
 Перед алмазом бессилён огонь и ничтожно железо.

Он размягчаться способен лишь козьей горячей кровью.

Только с трудом, наковальню дробя, отобьёшь ты
 осколок,

Коего острая грань послужит резцом камнерезу...

Этот камень всегда полезен в магических тайнах:

Неукротимого он смиряет и делает добрым,

Он отгоняет дурные сны, отвращает лемуров,

Чёрному яду он враг, мирит он раздоры и ссоры,

Тех, кто безумен, наводит на ум, а недругам вреден.

Носят камень алмаз, в серебро или в золото вправив,

Так, чтоб на левой руке он сиял в драгоценном запястье".

Перевод М. Л. Гаспарова

Представления о том, что горный хрусталь и лёд являются различными веществами стали более определённо высказываться лишь в XVII в., в доказательство чему И. И. Шафрановский приводит стихотворение французского поэта и посла в Женеве М. Лескарбо, относящееся к 1600 г. [23, с.42]:

Творцы учёных книг! - Писать бы я не стал,

Что "однородны лёд и каменный кристалл"!

Ведь если это так, то почему в долинах

Горячие лучи, блестя на талых льдинах,
 Уничтожают их? А почему, когда
 С Высот к подножью Альп сползают глыбы льда
 (Таузов* до трёхсот и боле толщиной),
 Секут их трещины, возникшие от зноя?
 Лёд вовсе не кристалл! Ведь больше бы страдал
 Совсем не от жары - от холода кристалл.
 А почему, - спрошу - искусная Природа
 Творит его куски из каменной породы,
 И, к небу устремясь, как шпага, между скал,
 Обычно остриём вверх обращён кристалл?
 А почему она его формировала,
 Гранила по бокам и отполировала?
 Ведь, подражая ей, чтобы пленять наш глаз,
 Шесть граней ювелир наносит на алмаз.
 Кристалл подобен льду? - Такое невозможно:
 Содержит элемент он противоположный. -
 Зимой, когда мороз всё в Альпах леденит,
 Он искорки огня внутри себя хранит.
 Ударив о кристалл кремнем, клинком из стали,
 Увидите вы то, что кроется в кристалле:
 Огниво может он с успехом заменить
 И порох в боевом ружье воспламенить.

Перевод И. И. Шафрановского

Характеризуя содержание лапидариев и развитие вслед за ними минералогии как науки, А. С. Поваренных писал:

"Одним из ранних является лапидарий Марбодуса, написанный им между 1061 и 1081 г., в котором упоминается 60 минеральных веществ [26]. В лапидарии знаменитого доминиканского монаха Альберта Магнуса (1193-1280) насчитывается уже 96 минеральных веществ [32]. Лапидарий болонского учёного Эразма Стелла (1450- ?) включает сведения о 33 минеральных телах [26]. Наиболее обширный лапидарий венецианского физика Камилла Леонарда (?), опубликованный в 1502 г. под названием "Зеркало камней", содержит описание 279 минералов и минеральных веществ в алфавитном порядке [27,30]. По научному уровню характеристика минеральных веществ в лапидариях стоит несравненно ниже описаний среднеазиатских и арабских учёных.

Обычно минеральные вещества описываются без какой-либо рациональной системы, а наряду с физическими свойствами перечисляются магические свойства камней [29]. Правда, в поздних лапидариях XVI-XVII вв., как например у Энцилиуса, А.

* Тауз - старинная французская мера длины, соответствующая русской сажени (2,13 м).

Чезальпино, А. де Боодта и др., можно обнаружить уже некоторые новые ископаемые, открытые европейскими рудокопами в течение XI-XVI вв., описание свойств, добычи и практического использования минералов.

В целом весь многовековой период накопления знаний о неорганической природе, нашедший отражение в различных трактатах и сводках (лапидариях), нам представляется вполне логичным рассматривать как предысторию минералогии, как период медленного, постепенного её зарождения, в конце которого намечается определённая тенденция к ограничению круга её объектов только ископаемыми телами" [13, с.9].

Развитие науки в средневековье сдерживалось разобщённостью алхимиков, келейностью их работы, ремесленным характером многих производств при феодализме, схоластикой и церковным мракобесием. Работа многих алхимиков затруднялась преследованием за "чёрную магию", "общение с дьяволом" и т.п. прегрешения, за что полагались тяжкие кары, вплоть до сожжения. Однако именно алхимикам принадлежит заслуга разработки методов синтеза многих солей, получения важнейших кислот и оснований, методов дистилляции, проведения различных химических реакций, вовлечения в круг исследования большого числа новых минералов, разработка методов их диагностики.

Для развития науки в Европе огромное значение имело также появление системы образования, независимой от церковного. Она проявилась в организации первых европейских университетов как свободных объединений учащихся и учащихся. Первый из них был основан в 1119 г. в Болонье, Италия; в 1189 г. появляется медицинский университет в Монпеле, Франция; в 1200 - университет в Париже.

Особо следует отметить, что несмотря на слабость алхимии, практическая химия получила дальнейшее существенное развитие в средние века. Это было связано прежде всего с бурным развитием горного дела и металлургии, особенно в Саксонии, развитием производства стекла, особенно цветного (с XI в.) с центром в Венеции, введением в военную технику огнестрельного оружия (конец XIII в.), развитием производства порохов и других областей промышленности и ремёсел.

Эпоха Возрождения.

Начало бурного расцвета науки, в том числе естествознания, связано в Европе с эпохой Возрождения. В Италии она наступила уже в XIV в., в других странах - в середине XV в., продолжаясь и в XVI в. С одной стороны, она характеризуется появлением капиталистических отношений, ломкой старых философских и государственных воззрений, с другой - бурным

ростом производства и, как следствие, - развитием всех отраслей знаний, развитием искусства и культуры в целом. В эту эпоху жили такие ученые, как энциклопедист Леонардо да Винчи (1452-1519), астрономы Николай Коперник (1473-1543), Джордано Бруно (1548-1600), Иоганн Кеплер (1571-1630), Галилео Галилей (1564-1642), анатом Андрей Везалий (1514-1564); математик Дж. Непер (1550-1617), введший в обиход логарифмы.

Для развития минералогии, геологии особое значение имели труды блистательной плеяды перечисленных выше астрономов, обосновавших гелиоцентрическую систему и разрушивших основы церковных воззрений на образование мира и роль в нём нашей планеты, в невероятной мере укрепивших материалистическое мировоззрение.

Из достижений Леонардо да Винчи, внесшего вклад в развитие многих научных направлений, материалистического мировоззрения в целом, следует особо отметить его представления об образовании гор за счёт воздымания осадочных пород и их разрушения под действием различных агентов выветривания, закладывавшие новые основы геологии.

В 1502 г. Леонардо да Винчи издал трактат по минералогии, рассмотрев степень прозрачности минералов, их твёрдость, плотность, другие особенности, признаки, отличающие драгоценные камни от имитаций.

Успехи горного дела и металлургии, получивших особенно широкое развитие в центральной Европе - Чехии, Саксонии и прилегающих районах, где они развивались уже с VI века, т.е. более 900 лет, отразились в "Пиротехнии" Ванноччо Бирингуччо (1480-1539) и работах Георга Бауэра, известного под именем Агриколы (1494-1555).

В своей "Пиротехнии", состоящей из 10 глав, В. Бирингуччо описывает различные металлы и руды, представления Аристотеля на их происхождение, методы получения и свойства руд, купоросов, серы, квасцов, оксидов и сульфидов мышьяка, галита и многих других веществ. Он описывает также процессы переработки руд, плавки металлов, производство стекла, способы отделения золота от серебра, амальгамирования, приготовления азотной кислоты. Он приводит много практических приёмов, применявшихся металлургами, химиками, при изготовлении монет, зеркал, необходимое для этого оборудование - плавильные и другие печи, воздуходувные меха, даёт начала пробирного анализа. Интересно, что В. Бирингуччо первым заметил увеличение массы металла при его обжиге (кальцинации) и образовании оксидов, хотя это он объяснял улетучиванием из пор металлов более лёгких веществ и увеличением вследствие этого их плотности.

* В 1959 г. в его честь был назван минерал бирингучит.

Г. Агрикола начал свою деятельность как аптекарь и врач в горнорудном городке Яхимове. Однако, затем его всецело захватило горное дело, особенно после перехода в 1533 г. в Хемниц, Саксония. Ему принадлежат книги "Берманус или диалог о металлургии" (1530), "О происхождении минералов" (1546), "О природе ископаемых" (1546), "О горном деле" (1550) и др. Все ископаемые тела Агрикола делил на: 1) гомогенные, 2) гетерогенные смеси минералов, по существу, отвечающие горным породам. Первые он в свою очередь делил на: а) земли, б) соли, в) драгоценные камни, г) металлы, д) прочие. Характеризуя свойства минералов, Г. Агрикола описывает их наружную форму, твердость, относительный вес (плотность), цвет, блеск, вкус, запах и пр. Образование минералов, в том числе ископаемых остатков организмов, он также как Аль-Бируни связывал с "загустелыми соками жилы", понимая под ними подземные воды различного происхождения. В то же время для окаменелых деревьев и остатков рыб, обнаруживаемых в мансфельдских медистых песчаниках, он принимал органогенное происхождение. В своих работах Г. Агрикола подробно описывает способы добычи полезных ископаемых, проходки горных выработок, технологии переработки руд, основы пробирного искусства. Его "12 книг о металлах" - первое серьезное руководство по аналитической химии металлов и минералов. Труды Г. Агриколы затем широко использовались более двух веков; они же тщательно изучались и высоко ценились М. В. Ломоносовым.

Оценивая значение работ Г. Агриколы, Н. А. Фигуровский [17] писал: *"Сочинения Агриколы вызвали появление в XVI в. книг, посвященных горному делу, металлургии, пробирному искусству, монетному делу, производству солей и т.п. и оказали большое влияние на развитие прикладной химии и, в частности, пробирного анализа"* (с. 141).

И. И. Шафрановский отмечает, что в эпоху Возрождения в трудах Г. Агриколы, Дж. Кардано (1501-1576), К. Геснера (1516-1565) и А. Чезальпино (1519-1603) улавливаются *"истоки основных направлений науки о кристаллах. Георгий Агрикола является родоначальником практической кристаллографии, используемой горняками для распознавания минералов. Джироламо Кардано, указавший на гипотетическую связь между внешней формой и внутренним строением кристалла, наметил тем самым дальнейшую линию развития теоретической и структурной кристаллографии. Конрад Геснер по мере своих возможностей, хотя и не всегда удачно, старался дать словесное описание и более или менее точное изображение реальных*

* Агрикола различал округлые, цилиндрические и угловатые фигуры, а среди последних выделял столбики ("колонны") - треугольные, пятиугольные (отдельность у базальта?), шестиугольные, пластины (слюда), кубы (пирит, флюорит).

кристаллов и тем самым наметил пути для развития описательной кристаллографии. Наконец, Андреас Чезальпино, хотя и в очень приблизительной форме, высказал соображения по кристаллогенезису" (по [23], с.49).

Эпоха Возрождения характеризуется существенными изменениями в химии - на смену алхимии приходит иатрохимия, основателем которой является Парацельс (1493-1541). Парацельс* - Филипп Аурел Теофраст Бомбаст фон Гогенгейм (1493-1541) вошел в историю химии как ученый, нанеся смертельный удар предшествовавшей ему схоластической и мистической алхимии. Он писал: *"Химия - один из столбов, на которые должна опираться врачебная наука. Задача химии вовсе не в том, чтобы делать золото и серебро, а в том, чтобы готовить лекарства"*. Таким образом он ставил перед наукой определенные задачи**, а не фантастические, над разрешением которых бессильно билась алхимия.

Парацельс, занимаясь химией и медициной одновременно, стал называть себя иатрохимиком (от иатрос - врач по-гречески). Иатрохимия начинает период самостоятельного развития химических знаний, который особенно четко проявляется в XVIIв***. Однако и ему были свойственны фантастические представления о происхождении минералов, которое он связывал с падением метеоритов. Так, он писал: *"Металлы происходят сверху. Их первоисточниками являются семь планет. Камни*

* Имя Парацельс, означающий "превосходящий Цельса" - знаменитого врача и оратора-энциклопедиста начала н.э. Ф.А.Т.Б. фон Гогенгейм присвоил себе сам.

** Парацельс первый стал рассматривать процессы, протекающие в живом организме, как химические. Он испробовал множество соединений минерального и растительного происхождения в качестве лекарственных средств, считая, что нет панацеи от всех болезней, и что каждую из них надо лечить своим лекарством. Ввел в обиход медиков препараты железа, ртути, сурьмы, свинца, меди, мышьяка, серы и др., употреблявшиеся до него крайне редко. В хирургии большое внимание уделял стерильности ран и перевязок. Среди общих причин болезней выделял 4 главных группы: 1) космические и атмосферные влияния, 2) причины, лежащие в анатомофизиологических свойствах организма, которые в свою очередь делил на: а) ядовитые вещества в пище и питье, б) наследственные аномалии, 3) психические влияния, 4) божье поущение. При этом космические и атмосферные влияния считались долгое время мистическими, такими же считались влияния чужой воли, не говоря о Божьем поущении. Это и то, что Парацельс не отрицал философского камня и многих других мистических воззрений алхимиков, делало его учение путанным и не последовательным.

*** Теснейшая связь минералогии с химией, иатрохимией, медициной ощущается вплоть до начала XX в. Так, например, кафедра минералогии Московского университета, которую в 1890 г. возглавил В. И. Вернадский, была на медицинском факультете. В конце XIX - начале XX вв. В. И. Вернадский читал на этом факультете лекции, причем его должны были слушать 500 студентов-медиков. Не исключено, что именно это обстоятельство закрепило в В. И. Вернадском ранний его интерес к биологии, заложенный еще в детские годы А. Н. Красновым, и проявившийся в его работах по биогеохимии, создании учения о биосфере.

рождаются на звездах. Они выкидываются звездами, так же как выкидываются металлы. Поэтому их находят на поверхности земли во многих формах и на многих путях. Однако о кристаллах, бериллах и цитринах надлежит знать, что они рождаются из снежных звезд, производящих снег. В снежных звездах имеется коагуляционная сила двух родов. Это значит, что там, где имеется снег и мороз, могут происходить звезды двух родов. Если звезда содержит коагуляционную воду, то такая снежная звезда легко образует кристаллы, цитрины и бериллы. Отсюда можно заключить, что там, где падает снег и несет с собой холод, и там, где на земном глобусе имеется город, где преобладает Борей и где солнце и летнее время ему уступают, там снег коагулирует воду и из снега переходит в камень" (по [23], с.41). По ковкости Парацельс делил металлы на истинные (ковкие) и полуметаллы (хрупкие): последний термин сохранился до сих пор.

Из других иатрохимиков большой известностью пользовались А. Либавий, И. Б. ван Гельмонт, Д. Зеннерт, А. Сала, Б. Валентин.

Андреас Либавий (1550-1616), оставивший ряд сочинений по медицине, алхимии, металлургии, в том числе "Алхимию" (1597) - курс химии, долгое время служивший основным при изучении химии на медицинских факультетах и использовавшийся практикующими врачами.

Иоганн Баптист ван Гельмонт (1577-1644) первым поставил вопрос об истинных составных частях сложных тел - простых телах, применил количественную меру в своих исследованиях, показал, что при растворении серебра в азотной кислоте оно не теряет своей сущности, а лишь меняет форму, - основатель пневмохимии (от греческого пневма - дух, газ), изучавший газообразование при брожении, испарение воды, впервые введший термин "газ", первым высказал мысль о роли ферментов в различных процессах.

Даниил Зеннерт (1572-1637), развил представление об атомном строении тел.

Анжело Сала (1576-1637 ?) - впервые правильно объяснил выделение меди из раствора медного купороса железом не трансмутацией железа в медь, а вытеснением меди из раствора железом.

Базиль Валентин - псевдоним Иоганнеса Теде (конец XVI - начало XVII в.; в его честь в 1848 г. назван минерал валентинит), описал различные соединения сурьмы. К иатрохимикам относились также жившие в XVII в. Сильвиус (см. ниже) и Отто Тахений (~1620-1699), первый писавший, в частности, что "все соли состоят из какой-либо кислоты и из какой-либо щелочи... из этих двух универсальных принципов составлены все тела мира" (по [17], с.158). Оценивая иатрохимический этап развития химии Н. А. Фигуровский [17] писал: "В период иатрохимии химические

знания получили некоторое развитие. Впервые в этот период было подвергнуто сомнению, а в дальнейшем и пересмотру учение Аристотеля об элементах-качествах, господствовавшее в науке в течение многих столетий. Вместо этого учения иатрохимиками были высказаны, правда еще в недостаточно ясной форме, идеи об истинных составных частях сложных тел. Выступления иатрохимиков против прославленных авторитетов древности, их борьба с застарелыми вредными традициями значительно содействовали разоблачению реакционной роли авторитаризма в развитии науки и, в частности, химии. Впервые в эпоху иатрохимии в химию вошел эксперимент, который вскоре стал играть основную роль в развитии химического анализа и в установлении истинных составных частей сложных веществ. В эту же эпоху было дано определение соли как продукта взаимодействия кислоты и щелочи и высказаны некоторые важные положения о составе тел.

Однако все эти новые взгляды и отдельные открытия не могли устранить у иатрохимиков старых алхимических верований в возможность трансмутации металлов и мистических фантазий при объяснениях химических явлений, происходящих, в частности, в живых организмах" (с.159-160). "Таким образом, эпоху иатрохимии следует характеризовать как переходную эпоху в развитии химии, как эпоху начала борьбы новых прогрессивных представлений о веществах и их превращениях со схоластическими представлениями, основанными на учении Аристотеля и особенно неоплатоников и освященными авторитетом религиозных догматов.

Представители школы иатрохимиков внесли определенный вклад в развитие химии. Однако их интересы, ограниченные, главным образом, приложением химии к медицине, не содействовали широкому развитию химии и в особенности возникновению новых теоретических идей и правильной оценке новых фактов. Особенно отрицательное влияние на развитие химии оказал полный отрыв интересов иатрохимиков от проблем технической химии и от химических производств. Традиции иатрохимической школы и, в частности, узкое понимание иатрохимиками задач химии еще долгое время тяготели над химией, препятствуя возникновению и внедрению в науку новых прогрессивных идей и теорий о сущности химических превращений" (с. 160).

Эпоха Возрождения характеризуется изобретением книгопечатания (1440 г.), многочисленными экспедициями в различные части света, быстрым накоплением нового фактического материала по ботанике, зоологии, ископаемым.

* Важнейшими из них явились путешествия Марко Поло (1254- 1324), Васко да Гама (1469-1524), Христофора Колумба (1450- 1506), Магелана (1480-1541).

Собираются разнообразные коллекции и создаются первые естественнонаучные музеи - преимущественно в виде кунсткамер при королевских и княжеских дворах. Керамист и химик Б. Палисси (1510-1589 или 1590), высказывавший сходные с Леонардо да Винчи взгляды на горообразование, создает крупную минералогическую и палеонтологическую коллекцию в Париже. В 1560 г. основывается геолого-минералогический музей в Дрездене (сейчас в нем более 60 тыс. образцов, в том числе более 40 тыс. минералов). В 1591 г. создается минералогический музей в Пизе, Италия (сейчас это музей института минералогии Пизанского университета, насчитывающий более 10 тыс. образцов). Таким образом начинает создаваться фондово-материальная база минералогии, в которой накапливается наиболее значимый для нее фактический материал.

Возникновение минералогии как науки относится примерно к началу XVI в., когда в связи с появлением и развитием капиталистического способа производства в феодальной Европе резко выросло горнодобывающее дело, увеличились масштабы поисков и разведки различных руд, каменного угля, соли, слюды и других минералов. В результате количество известных полезных ископаемых значительно возросло и одновременно возникла необходимость их определения и детального изучения. Вместе с тем вполне определенно и предмет науки. Это была руда ("минера"): или, точнее, более общее понятие - ископаемое. Впервые, насколько известно, слово "минералогия" было применено в науке об ископаемых в 1636 г. итальянским ученым Бернардом Цезием из Модены" (по [13], с.9-10).

XVII век

XVII век характеризуется дальнейшим развитием материалистического направления в естественной науке, развитием знаний о минеральном веществе. В этом отношении особого внимания заслуживают работы И. Р. Глаубера, Сильвиуса, Р. Бойля и др.

Иоганн Рудольф Глаубер (1603-1668) - крупнейший немецкий химик, оценивавший, в частности, силу кислот по их способности вытеснять друг друга из своих солей, исследовавший состав минеральных вод и разработавший многие технологические процессы получения различных химических продуктов из минерального сырья, в том числе способа получения селитры из

* Все сведения о времени возникновения отдельных музеев, число образцов в них и др. приведены по [34], при этом следует учитывать, что сведения в [34] по США значительно полнее, чем по остальным странам.

поташа и азотной кислоты, основы которых сохранились до настоящего времени.

Сильвиус - Франсуа Сильвиус де ле Боз (1614-1672) - медик, физик, химик, уроженец Ганау, одно время жил в Амстердаме, а с 1658 г. - профессор медицины в Лейдене, Голландия. Выработал систему иатрохимии. В жизненных процессах Сильвиус видел лишь проявление химических сил, не придавая значения какому-либо особому жизненному началу, развил учение ван Гельмонта о желудочном соке и роли ферментов, считал, что процесс дыхания весьма сходен с процессом горения.

XVII век - это век становления аналитической химии неорганических веществ, в возникновении которой первостепенное значение имели работы по изучению химического состава минералов. Аналитическая химия первоначально развивалась параллельно с развитием металлургии, главным образом в виде пробирного анализа - совокупности приемов для количественного определения содержания золота, серебра и других металлов в рудах. Одним из первых систематическое изложение пробирного анализа дал еще Г. Агрикола. Все более почетное место в химическом анализе, в том числе и минералов, занимает их изучение с помощью паяльной трубки, включающее многие из металлургических методов, выполняемых в микромасштабе.^{***} Дальнейшее научное развитие аналитической химии связано с именем великого английского естествоиспытателя Р. Бойля (1627-1691), считающегося отцом аналитической химии (слово анализ он произвел от греческого анализис - разложение), проанализировавшего множество различных веществ, включая и минералы. Он же открыл изменение цвета

* Имя И. Р. Глаубера закреплено в 1808 г. в названии минерала глауберита; по латинскому названию водного сульфата натрия, выделенного им в виде остатка на дне реторты при получении HCl в результате обработки галита серной кислотой - Sol mirabile - удивительная соль из-за ее непредвиденно сильного действия как слабительного средства, дано название минералу того же состава - мирабилиту

** Одна из солей, применявшаяся им для лечения - KCl, получила название нищеварительной соли Сильвиуса (Sol digestivus Sylvii), по которому в 1832 г. был назван минерал аналогичного состава - сильвин.

*** Паяльная трубка была первоначально инструментом ремесленников-ювелиров, пользовавшихся ею при работе с металлом. Около 1738 г. горный Советник Шведского Королевства Антон Шваб применил ее для изучения плавкости минералов. С этого момента применение ее для качественного анализа минералов непрерывно совершенствовалось, причем в этом активно участвовали такие крупные исследователи как А. Ф. Кронштедт, Т. О. Бергман, И. Г. Гаи, С. Теннант, У. Х. Волластон, не только серьезно усовершенствовавшие эту методику, но и разработавшие свои варианты самой трубки. Во второй половине XVIII в. появляются и печатные руководства по методам работы с паяльной трубкой на английском, немецком и шведском языках.

многих органических веществ под действием кислот и оснований, впервые применил в качестве индикатора кислот и оснований лакмусовую бумагу. В своей книге "Химик-скептик" (1661 г.) Р. Бойль не только развеял многие из мифов химии, поставив ее изложение на строго экспериментальную основу, но и сделал важнейший шаг в теоретической химии, дав близкое к современному понятие химического элемента. Так он утверждал, что элементом следует считать вещество, которое не имеет составных частей, т.е. не может быть разложено на основные компоненты, хотя он и не назвал ни одного конкретного элемента, которых к этому времени было известно всего 14: С, Sn, Pb; P, As, Sb, Bi; Fe; Cu, Ag, Au; Zn, Hg; S. Он пришел к правильному выводу, что горение и дыхание поддерживает лишь часть воздуха. Велики заслуги Р. Бойля и как физика. Из них первостепенное значение имело установление закона об обратной зависимости между объемом газа и давлением. Р. Бойль исследовал также физические свойства ряда минералов и именно ему принадлежит заслуга в развеивании мифа о необыкновенной прочности алмаза, который якобы невозможно расколоть на железной наковальне. Он показал, что, напротив, алмаз очень легко раскалывается на правильные осколки по повторяющимся направлениям, т. е. по спайности.

XVII век характеризуется крупными достижениями и в развитии науки о кристаллах - кристаллографии, развивавшейся в то время преимущественно в результате изучения минералов. Из них важнейшими являются работы Й. Кеплера, Н. Стенона и Э. Бартолина.

Йоган Кеплер (1571-1630), выдающийся немецкий астроном и математик, открывший законы движения планет, в 1611 г. опубликовал "Новогодний подарок или [трактат] о шестиугольном снеге". В нем Й. Кеплер по существу создал концепцию построения твердых тел путем плотнейшей упаковки шаров равного диаметра, теоретически проанализировав их геометрические особенности. Фактически он вывел простую кубическую (Р), кубическую центрогранную (F) и гексагональную (H) решетки. Путем всестороннего сжатия шаров в упаковках он вывел многогранники, нацело заполняющие пространство при условии их равенства, параллельности в ориентировке и сглаженности по целым граням, т.е. часть параллелоэдров Е. С. Федорова - куб, ромбододекаэдр, гексагональную призму с пинакоидом. В своей работе Й. Кеплер впервые, еще до Н. Стенона, выразил закон постоянства граничных углов, правда лишь для одного вещества - снега, впервые доказал, что кристаллы подчиняются законам геометрии. Представление Й. Кеплера о строении кристаллов из шаровых частиц развивались обычно самостоятельно в XVII в. и такими крупными учеными, как французский философ и физик Пьер Гассенди (1592-1655),

французский философ, математик и физик Рене Декарт (1596-1650), английский физик Роберт Гук (1635-1703), голландский физик и математик Христиан Гюйгенс (1629-1695), итальянский математик и медик Доменико Гуплиельмини (1655- 1710).

В 1669 г. публикуется работа датского медика, химика, занимавшегося также минералогией, кристаллографией, палеонтологией, геологией Николоса Стенсена, известного как Стенона (1636-1687); в 1962 г. в его честь назван минерал стенонит), в которой он излагает многочисленные результаты изменения граничных углов кристаллов кварца и гематита и приходит к открытию закона постоянства граничных углов. Именно с этого года большинство ученых начинает отсчет времени существования научной кристаллографии". Большое значение имело и доказательство постепенного роста граней кристаллов, приведенное Н. Стеноном в этой же работе, разбивавшее фантастические теории кристаллогенезиса о росте кристаллов наподобие растений за счет земных соков и тому подобные.

В 1669 г. - в том же году, когда вышла в свет работа Н. Стенона, - была опубликована книжка профессора математики и медицины Копенгагенского университета Эразма Бартолина (1625-1698) "Эразма Бартолина опыты с двупреломляющим исландским кристаллом, которые привели к открытию чудесного и необычного преломления". В ней автор подробно описывает результаты своих семнадцати опытов со спайными выколками кристаллов прозрачного кальцита. Сначала это результаты изучения растворимости кальцита в кислотах, поведения его перед паяльной трубкой. Особое внимание Э. Бартолин обратил на способность кальцита раскалываться по спайности на ромбоэдрические осколки. Измеряя углы между гранями ромба и телесные углы между гранями, Э. Бартолин самостоятельно открыл закон постоянства граничных углов на кальците. Однако самыми важными результатами его работы было открытие двупреломления кальцита, которое им было к тому же достаточно всесторонне исследовано, в том числе и на специально ориентированных и выпиленных из кристаллов кальцита образцах и спайных выколках. Он не только обнаружил двупреломление, но и то, что при вращении спайного выколка одно из изображений (более яркое) предмета остается на месте, а другое вращается вокруг него в ту же сторону, что и кристалл. Изображение, остающееся на месте, он назвал обыкновенным, а вращающееся - необыкновенным. Э. Бартолин нашел также положение, при котором кристалл не двупреломляет, названное позже X.

* Первоначальная работа Н. Стенона не была понята. Закон постоянства граничных углов после Н. Стенона самостоятельно открыли М. В. Ломоносов и более ста лет спустя - Ромэ Делиль, сформулировавший его. Лишь после этого была осознана значимость работы Н. Стенона.

Гюйгенсом оптической осью кристалла, положение в кристалле особой плоскости, названной затем X. Гюйгенсом главным сечением кристалла, определил показатель преломления обыкновенного луча в кальците. Э. Бартолин ввел в науку термины: двупреломление, двупреломляющий кристалл, обыкновенное и необыкновенное преломление. Его работа оказалась фундаментом, на котором более чем через 20 лет X. Гюйгенсом создавалась волновая теория света, многие из основных положений которой сохранили свое значение и поныне. При этом X. Гюйгенс не только подтвердил двупреломление кальцита, но и открыл двупреломление кварца.

Открытие Э. Бартолина очень высоко ценил В. И. Вернадский, который писал: "Чернозем... в истории почвоведения сыграл такую же выдающуюся роль, какую имели лягушки в истории физиологии, кальцит в кристаллографии, бензол в органической химии" (по [23], с.83).

В то же время минералы изучаются с применением новейших физических методов. Из них в XVII веке особое значение имело использование специальных луп, изготовлявшихся голландским биологом и политическим деятелем Аитони ван Левенгуком (1632-1723), позволявшим получить до 300-кратного увеличения, называвшихся микроскопами Левенгука.** В 1685 г. А. Левенгук опубликовал результаты первых микроскопических наблюдений за ростом кристаллов.

В 1691 г. создается еще один минералогический музей в г. Сиене, Италия, насчитывающий сейчас около 4 тыс. образцов минералов, горных пород, руд, драгоценных камней и метеоритов.

Таким образом, в XVII в. намечается не только выделение минералогии в самостоятельную науку, но она продолжает поставлять ученым ту фактическую основу, на которой начинают развиваться ныне самостоятельные разделы физики - кристаллография, кристаллооптика, учение о свете.

Огромное значение для развития естествознания в XVII в. имел вывод Исааком Ньютоном*** (1643-1727) закона всемирного тяготения и формулировка основных законов механики (1687).

* Работа Э. Бартолина была столь необычной, что не была понята его современниками. По этому поводу А. В. Шубников писал: "Работы Бартолина были встречены учеными с полным недоверием. Английское Королевское общество даже назначило для их проверки специальную комиссию из видных ученых (и каких ученых): Ньютона, Бойля, Гука и других. Эта авторитетная комиссия признала открытые Бартолином явления случайными, а законы несуществующими" (по [23], 94).

** Работы А. Левенгука заложили по существу основу для создания микроскопов.

*** И. Ньютон почти всю жизнь занимался также химией и алхимией, много работал над сплавами металлов, будучи смотрителем, а потом директором Лондонского монетного двора; ему же принадлежит ряд рецептов сплавов для зеркал рефлекторов, работа "О природе кислот" (1710) и другие.

Ведущее значение закону всемирного тяготения придавали многие крупнейшие ученые последующих столетий; он же был основой, на которую опирался Д. И. Менделеев, разрабатывая периодическую систему элементов в зависимости от их атомной массы. К величайшим достижениям науки XVII в. относятся такие разработки Готфридом Вильгельмом Лейбницем (1646-1716) и И. Ньютоном дифференциального анализа, открытие Уильямом Гарвеем (1578-1657) кровообращения, внедрение в исследовательскую практику микроскопии вслед за итальянцем Марчелло Мальпиги (1628-1694) и голландцем Антони ван Левенгуком (1632-1723), открытие Эваижелистом Торричелли (1608-1647) атмосферного давления и изобретение барометра, изобретение парового котла с клапанами Дени Папеном (1647-1714).

В этот же период возникают различные научные общества, некоторые из которых стали называться академиями. Старейшими из них были "Академия зорких" в Риме (1603-1630), "Академия естествоиспытателей", которой в последствие присвоено название "Леопольдина" (1652 - по настоящее время в г. Галле), "Лондонское Королевское общество" (1662), "Парижская академия наук" (1666).

XVIII век

В XVIII в. появляется уже целый ряд специальных работ по минералогии, хотя она всё ещё неразрывно связана с остальными естественными науками, прежде всего химией, медициной, металлургией, физикой. Поэтому многие из авторов крупнейших работ по минералогии были не "чистыми" минералогами, а медиками, химиками, металлургами, использовавшими в своих работах минералы, изучавшие их различными методами. И, напротив, ученые, посвятившие себя в основном изучению минералов, работали в то же время в указанных отраслях науки, оставляя весьма ценные для их развития труды.

Трудно даже вкратце перечислить всех крупных исследователей 18 столетия, оставивших существенный след в минералогии и смежных науках. В связи с этим остановимся лишь на наиболее известных из них - преимущественно тех, чьи имена к тому же закреплены в названиях минералов.

Большое влияние на развитие минералогии, как и на развитие наук естественного цикла вообще, оказывали и крупнейшие естествоиспытатели в целом. В XVIII веке из них выделялись М. В. Ломоносов и К. Линней. Из огромного вклада М. В. Ломоносова (1711-1765; в 1941 г. в его честь назван минерал ломоносовит) в развитие естественных наук особо выделяются его работы по минералогии и горному делу, существенно

отличавшиеся от всего того, что было известно в то время ученым. В первую очередь это касается развивавшихся М. В. Ломоносовым представлений о генезисе минералов, их атомном строении, использовании минеральных богатств на пользу обществу. Новыми были: идеи о связи образования минералов с вулканизмом, землетрясениями и горообразованием; описание отдельных слоев, начиная с верхнего "покрышки всех прочих"; первые шаги в понимании парагенезиса минералов, роли таких агентов как ветер, дождь, снег в выветривании; идеи о длительности геологических процессов и об изменении под их действием лика Земли. Так М. В. Ломоносов писал: *"Твердо помнить должно, что видимые телесные на земле вещи и весь мир не в таком состоянии были с начала от создания, как мы находим, но великие происходили в нём перемены... Напрасно многие думают, что всё, как видим, с начала творцом создано; будто не токмо горы, доли и воды, но и разные роды минералов произошли вместе со всем светом, и потому де не надобно исследовать причин, для чего они внутренними свойствами и положением мест разнятся. Таковые рассуждения весьма вредны приращению всех наук, следовательно и натуральному знанию шара земного, а особенно искусству рудного дела, хотя оным умникам и легко быть философами, выуча наизусть три слова: "Бог так сотворил", и сие дал в ответ вместо всех причин"* (по [6], с.73).

М. В. Ломоносов первым, опираясь на свой опыт полевых наблюдений, заговорил о разновозрастности рудных жил, считал, что образование минералов, включая металлы, происходит и в настоящее время.

Весьма важны и результаты работ М. В. Ломоносова по кристаллографии. Фактически он самостоятельно открыл закон постоянства граничных углов.

В своей "Диссертации о рождении и природе селитры" (1749) он высказывает представления о том, что её кристаллы состоят из отдельных шаровых корпускул, уложенных плотнейшим образом, что и определяет форму кристаллов. Интересно и то, что М. В. Ломоносов утверждал, что кристаллы образуются постепенно.

Весьма близки к современным взгляды М. В. Ломоносова на образование каменного угля из торфа и органическую природу янтаря, тогда как его современники считали, например, янтарь продуктом воздействия серной кислоты на нефть. Энергично отрицал М. В. Ломоносов и предрассудок о том, что северные земли, в отличие от южных, бедны ископаемыми, связывая это с особенностями рельефа, пахотной почвой, малой плотностью населения и как следствие - недостаточной изученностью этих мест.

Велики заслуги М. В. Ломоносова в развитии и других наук, прежде всего химии и физики. На этом нет смысла

останавливаться в данном случае, хотя следует отметить то, что М. В. Ломоносов самостоятельно открыл закон сохранения вещества и движения, показал, что при горении масса вещества не уменьшается, как полагали апологеты флогистона, а увеличивается. Свои опыты по магнетизму М. В. Ломоносов проводил со специальным магнитом, сделанным из магнетита. Им было собственноручно проанализировано большое число образцов минералов и руд. Таким образом, в области естествознания и минералогии, в частности М. В. Ломоносову, принадлежит огромное число фундаментальных исследований, причем все явления он рассматривал в развитии, динамике, а не застывшими, как то утверждал общепризнанный гений науки XVII в. - король систематики природных объектов - К. Линней.

Карл фон Линней - Карелус Линнеус (1707-1778; в 1845 г. в его честь назван минерал линнеит), выдающийся шведский естествоиспытатель, натуралист и врач, один из организаторов и первый президент Шведской академии наук (1739). Разработал систематику растительного и животного мира, базировавшуюся на четкой соподчинённости таксонов: класс, отряд, род, вид, вариация. Позже распространил эту систематику и на минералы в четырехтомной "Минералогии" на немецком языке, появившейся в 1779 г. на русском языке. Систематика К. Линнея оказала огромное влияние на многие поколения естествоиспытателей, использовавших её в своих работах. Указанная последовательность таксонов отразилась и в систематике минералов, разработанной в конце XVIII века В. М. Севергиним. Особенностью системы К. Линнея была её статичность, неизменность, поскольку все виды он рассматривал как "Богом данные". Это привело к восприятию мира в виде застывшей системы и прошло более ста лет, пока в биологии появилась эволюционная теория Дарвина, т. е. взял верх динамический подход, заложенный в работах М. В. Ломоносова, наиболее полно развитый в минералогии лишь в конце XIX в. В. И. Вернадским. Следует отметить, что и признаки, клавшиеся К. Линнеем в основу систематики минералов, в исследовании которых он считал себя весьма крупным специалистом, оказались чисто формальными. Так, например, к ряду калиевой селитры он относил селитру, кварц, берилл и корунд. К роду буры - топаз, турмалины и гранаты, к роду поваренной соли - флюорит и натриевую селитру. Представления же о кристаллогенезисе К. Линнея были весьма своеобразны. Так он считал, что кристаллы возникают в результате слияния мужского и женского начал. При этом отцовское начало составляют соли, кристаллизующиеся в чистом виде из водных растворов, а вещество камня соответствует материнскому началу. Однако, несмотря на сказанное, К. Линней, кладя в основу систематики минералов их форму и генезис, приведя множество зарисовок кристаллов, возбудил рост интереса

минералогов к внешней форме минералов, их кристаллов. Все эти представления не могли не породить многочисленных противников у К. Линнея среди минералогов, металлургов, химиков, хотя авторитет К. Линнея затруднял окончательное развенчивание его систематики минералов.

Одним из известнейших оппонентов К. Линнея был заведующий кафедрой химии и минералогии Упсальского университета Иоганн Готтшальк Валлерий или просто Валлериус (1709-1785), бывший почетным членом Петербургской АН. Большой популярностью пользовалась его "Минералогия", опубликованная на русском языке в 1763 г. и явившаяся первым подробным учебником по минералогии в России. В ней он разрабатывает систематику минералов, исходя из их химического состава, иронизируя по поводу линнеевских мужского и женского начала в кристаллах, дает подробное словесное описание отдельных минералов. Он развивал теорию о зависимости внешней формы кристаллов от входящей в них "металлической материи".

В развитии металлургии, горного дела, минералогии, химии XVIII века большую роль играли горные промыслы в центре Европы - в Саксонии и Северной Чехии, где к тому времени уже несколько столетий добывали медь, серебро, свинец. Именно саксонские металлурги заметили, что иногда при плавке руд, содержащих минералы с ярким металлическим блеском, за что их путали с минералами серебра, последнее не выплавлялось. Вместо этого при плавке образовывались клубы белого ядовитого дыма, от которого тяжело болели металлурги. Считалось, что так проявлял свой гнев на людей горный дух Кобальд. Чтобы его задобрить даже служили специальные молебны. Со временем эту "нечистую" руду, богатую арсенидами Co, Ni и Fe, стали называть "кобольд". В 1736 г. знаменитый шведский химик и медик Георг Брандт выделил из нее розовый металл, сохранивший название кобальт.

С другим насмешливым гномом - Старым Ником связано представление саксонских горняков о подмене медной руды на купферникель - медь гнома Ника, из которой невозможно было выплавить медь. Именно из этого минерала, называемого сейчас никелином, Аксель Фредерик Кронштедт (1722-1765; в 1820 г. в его честь назван минерал кронштедтит) - знаменитый шведский химик и металлург, получил с помощью паяльной трубки металлической королек нового элемента, который он по имени гнома назвал никелем. А. Ф. Кронштедт известен также своим "Опытом минералогии" - книгой, вышедшей на шведском языке в

* Это название первоначально относилось к корольку металла, полученному с помощью паяльной трубки, тогда как элементная природа его оспаривалась. Окончательно Co был утвержден как элемент лишь в 1781 г.

1758 г., а затем персвещенной на немецкий, английский, французский и русский языки. В ней он впервые изложил систематику минералов на химической основе, улучшил минералогическую номен-клатуру, отделил ископаемые организмы и другие геологические объекты от минералов. Он же высказывался в пользу того, что графит и молибденит являются не одинаковыми, как тогда считалось, а разными минералами. Перу Кронштедта принадлежит и ряд других работ, в том числе и по горному делу.

Из других исследователей XVIII в., внесших существенный вклад в развитие минералогии, имена которых в связи с этим закреплены в названиях минералов, следует назвать химиков-естествоиспытателей широкого профиля, оставивших значительный след в минералогии - Т. О. Бергмана, К. В. Шееле, Л. Н. Вокелена, М. Г. Клапрота, И. Г. Гана, Ю. Гадолина. Торберн Олаф Бергман (1735-1784; в 1793 г. в его честь назван минерал торбернит), доцент физики (1759-1761), адъюнкт-профессор математики (1761-1767), заведующий кафедрой химии и минералогии (1767-1784) Упсальского университета в Швеции - учитель К. В. Шееле, И. Г. Гана, Ю. Гадолина и др. Ему принадлежит разработка химической систематики минералов; в отношении систематик, строившихся по внешней форме кристаллов он был настроен весьма критически. Большое значение имели его работы по морфологическому описанию минералов, разработка представлений о сложении кристаллов из элементарных частичек ромбоэдров, на которые раскалываются кристаллы кальцита, описанию деталей поверхности кристаллов - штриховки, форм растворения. В своих работах по теории строения кристаллов Т. Бергман является непосредственным предшественником Р. Ж. Гаюи. В химии ему принадлежит заслуга разработки качественного анализа не только сплавлением, но и мокрым путем, разработка анализа силикатов, усовершенствование метода паяльной трубки, введение в обиход химиков большого числа новых реактивов, широкое использование весов, чем он заложил основы весового количественного анализа. Определил состав многих солей и минералов. В геологии Т. Бергман считал, что образование горных пород связано с осаждением из вод первозданного океана, а некоторых гор - с вулканическими процессами.

Карл Вильгельм Шееле (1742-1786; в 1821 г. в его честь назван шеелит) - крупнейший шведский аптекарь-химик - самоучка, прославившийся открытием пяти новых элементов - Mn (1774 г.; в пиролюзите), Ba (1774; в барите), W (1781 г.; в вольфрамите), Mo (1790 г.; в молибдените), S (1807 г.; при

* Толчком для этой работы послужила коллекция минералов, попавшая в собственность А. Ф. Кронштедта.

реакции соляной кислоты с пиролюзитом); он же доказал сложный состав воздуха, открыв азот и кислород, впервые получил многие химические вещества, в том числе перманганат калия, глицерин и синильную кислоту, арсин и мышьяковистую кислоту, предполагал, что в плавиковой кислоте содержится активный элемент, выделенный лишь почти 100 лет спустя, доказал, что в костях много фосфора и предложил способ его получения из золы костей, изучил много различных органических соединений и считается основателем органической химии.

Луи Никола Вокелен (1763-1829; в 1818 г. в его честь назван минерал вокеленит) - известный французский аптекарь, а затем химик, выполнивший множество химико-аналитических исследований - один из основоположников количественного химического анализа. В Горной школе в Париже, где он был профессором, провел химико-аналитические исследования многих минералов, изучавшихся одновременно кристаллографическими работавшим там же Р. Ж. Гаюи. В 1797 г. в крокоите из Берёзовского месторождения на Урале обнаружил связанную с окисью свинца кислоту и показал, что она является соединением нового ранее неизвестного металла, которому он дал название хрома. В 1798 г. выделил из сибирского берилла основание, обладавшее сладким вкусом, за что дал ему название глициния (от греческого "гликос" - сладкий); позже этому элементу Л. Г. Клапрот дал название бериллия. Обнаружил содержание в квасцах "растительной щелочи", т.е. калия. В 1813-1814 гг. опубликовал большое исследование о методах разделения Pt, Pd, Rh, Ir и Os. В 1818 г. подтвердил открытие лития, сделанное в 1817 г. Юхансом Августом Арфведсоном (1792-1841).

Мартин Генрих Клапрот (1743-1817; в 1824 г. в его честь назван клапротит) - один из авторитетнейших химиков, первый ординатор химии Берлинского университета, иностранный почетный член Петербургской Академии наук (с 1805 г.), разработал количественные методы анализа многих минералов, минеральных вод и других веществ. Изучая настуран М. Г. Клапрот открыл уран (1789 г.; в виде диоксида), а затем гаццинт с Шри Ланки - Zr (1789; в виде диоксида), рутил - Ti (1792, в виде диоксида). В 1789 г. повторил опыты Вокелена по выделению глициния из сибирского берилла и назвал новый элемент бериллием. В 1798 г. в медной руде из Тироля установил новый элемент - Те. В 1803 г., изучая церит, М. Г. Клапрот одновременно с Берцелиусом и Гизингером открыл Се (в виде диоксида); независимо от других ученых получил соединения Sr (1793), Ст (1797). Установил постоянное содержание Ni в железных метеоритах. Впервые, анализируя лейцит, доказал, что К содержится не только в растениях, но и в минералах. Автор шеститомного "Вклада в химическое познание минеральных тел" (1795-1815) и пятитомного "Химического словаря" (1807-1809).. В

1792 г. на заседании Берлинской академии наук демонстрировал основные опыты А. Л. Лавуазье, чем в большой мере способствовал мировому признанию кислородной теории.

Йоган Готтлиб Ган (1745-1818; в 1807 г. в его честь назван ганит) - шведский химик и минералог, друг К. В. Шееле, владелец рудника в районе Фалуна, которому принадлежит описание и анализ с помощью паяльной трубки многих минералов Швеции. Первый получил металлический Mn из шариков, состоявших из пиролюзита, присылавшегося ему Шееле, путем восстановления в тиглях, выложенных древесным углем, подтвердив тем самым идею Шееле, что в пиролюзите содержится новый элемент. И. Г. Ган участвовал в разработке Шееле и другими учеными способа получения P из золы рога и костей животных, в работе Берцелиуса, закончившейся открытием Se в осадке серной кислоты, получаемой на одном из заводов в окрестностях Фалуна. По этому поводу Й. Я. Берцелиус писал: *"Я исследовал в содружестве с Готтлибом Ганом метод, который применяют для производства серной кислоты в Гринсхольме. Мы обнаружили в серной кислоте осадок, частью красный, частью светло-коричневый. Этот осадок, опробованный с помощью паяльной трубки, издавал слабый запах и образовывал свинцовый королек. Согласно Клапроту, такой запах служит указанием на присутствие теллура. Ган заметил при этом, что на руднике в Фалуна, где собирается сера, необходимая для производства кислоты, также ощущается подобный запах, указывающий на присутствие теллура. Любопытство, вызванное надеждой обнаружить в этом коричневом осадке новый редкий металл, заставило меня исследовать осадок. Приняв намерение отделить теллур, я не смог, однако, открыть в осадке никакого теллура. Тогда я собрал все, что образовалось при получении серной кислоты путем сжигания фалунской серы за несколько месяцев, и подверг полученный в большом количестве осадок обстоятельному исследованию. Я нашел, что масса (то есть осадок) содержит до сих пор неизвестный металл, очень похожий по своим свойствам на теллур. В соответствии с этой аналогией я назвал новое тело селеном (Selenium) от греческого (луна), так как теллур назван по имени Tellus - нашей планеты"* (по [16, кн. 1], с. 442). Совместно с К. В. Шееле выделил баритовую землю из барита (1774). Он описал и проанализировал с помощью паяльной трубки многие минералы Швеции.

Юхан Гадолин (1760-1852; в 1800 г. в его честь назван гадолинит), профессор университета в Або, Финляндия, член-корреспондент Петербургской Академии наук, выделил из черного минерала - иттербита, найденного в 1787 г. вблизи городка Иттербю на острове Руслаген лейтенантом шведской армии минералогом-любителем Карлом Аррениусом, неизвестную землю (оксид), названную через 3 года шведским химиком и

минералогом Экебергом, подтвердившим этот оксид, иттербиевой землей (по минералу иттербиту). Позднее из нее выделили иттербий, тербий и эрбий (названы по частям слова иттербиевая земля); один из редкоземельных элементов в его честь назван в 1800 г. гадолинием. Учреждена медаль Гадолина, присуждаемая за выдающиеся исследования редких земель. С 1788 г. сторонник кислородной теории А. Л. Лавуазье.

Заметный вклад в развитие химии и минералогии, особенно в России в XVII в., оставили К. Г. Лаксман, И. И. Георги, Т. Е. Ловиц, И. Я. Биндгейм.

Кирилл Густавович Лаксман (1738-1796; в 1869 г. в его честь был назван минерал лаксманит = вокелениту) начал изучение минералов, флоры и фауны Сибири в 1764 г. в Барнауле, будучи назначенным туда пастором. Там же познакомился с знаменитым русским изобретателем И. И. Ползуновым (1728-1766), под руководством которого изучил горное дело, металлургию и техническую химию. В 1770 г. избран академиком-химиком и получил лабораторию М. В. Ломоносова. Продолжал экспедиции в различные районы России. Главное внимание уделял минералогии, зоологии и ботанике. Приобрел широкую известность после разработки способа приготовления соды из мирабилита и использования её для варки стекла.

Иван Иванович (Иоганн Готлиб) Георги (1729-1802) был путешественником и натуралистом, участником комплексных экспедиций Петербургской академии в различные районы страны, с 1783 г. - академик по химии. Исследовал главным образом растительные и животные продукты, некоторые минералы.

Товий Егорович (Иоганн Тобиас) Ловиц (1757-1804), с 1783 - член-корреспондент, с 1793 - академик Петербургской Академии наук, провёл химико-аналитические исследования многих минералов, солей и других веществ, разработал методы анализа, основанные на диагностике формы мелких кристаллов, в том числе скелетных, образующихся на стекле при высыхании раствора, т.е. явился основателем капельного химического анализа; один из первых применил титрование для определения крепости кислоты, предложил метод растворения силикатов путем кипячения в растворах едких щелочей. Специально изучал процессы кристаллизации и способы выращивания крупных кристаллов, ввел понятие о пересыщении, самопроизвольной и принудительной кристаллизации, открыл конвективные потоки в растворах, в которых происходит кристаллизация, выяснил роль зародышей при кристаллизации. Т. Е. Ловиц открыл адсорбционные свойства активированного угля, который использовал для очистки спирта от сивушных масел, ряда органических препаратов. Принял участие в открытии и исследовании Sr и Cr; впервые получил ледяную укусуную

кислоту, безводный алкоголь, чистый серный эфир и многие другие вещества.

Иоганн Якоб Биндгейм (1750-1825; в 1866 г. в его честь назван биндгеймит) - ученик Крапрота и его приемник в должности провизора берлинской аптеки; в 1780-х годах переехал в Москву и стал профессором фармацевтической химии и фармации в Московском университете. Развернул широкие исследования по аналитической, технической и фармацевтической химии. Положил начало свекло-сахарной промышленности в России, выделив в 1799 г. сахар из белой свеклы.

Конец XVIII в. в химии знаменуется её революционным развитием, что связано с работами А. Л. Лавуазье* (1743-1794). Здесь прежде всего следует сказать о создании им научной теории горения, приведшей на смену представлениям о флогистоне, перевернувшей основы не только пневмохимии, но и заложившей твердую базу для дальнейшего развития многих разделов химии. Им были правильно объяснены не только процессы горения, но также и дыхания, образование оксидов металлов при их прокаливании на воздухе (кальцинация), образование воды из кислорода и водорода, установлены необходимые для этого соотношения газов. А. Л. Лавуазье доказал самостоятельность в качестве простых тел (элементов) кислорода (1775), водорода и азота (1787), участвовал в открытии йода. Важнейшую роль в истории химии сыграли: "Начала элементарной химии" А. Л. Лавуазье, вышедшие в 1789 г. и переизданные в 1791 и 1801 гг., переведенные на английский и немецкий языки. В них он не только излагает свою теорию горения, но и даёт определение понятия простого тела (элемента). В связи с этим он писал: *"Стремление считать, что все тела природы должны состоять лишь из трёх или четырёх элементов, исходит из заблуждений, унаследованных от греческих философов. Предположение о четырёх элементах, которые в многообразных отношениях образуют все известные нам тела, - это гипотеза, выдвинутая в то время, когда не было даже первоначальных результатов в области экспериментальных наук - физики и химии. Тогда не было собрано достаточного количества фактов, и до сих пор не было создано непротиворечивой теоретической системы, которая*

* В зарождении интереса А. Л. Лавуазье к химии, первоначально готовившегося стать адвокатом, большую роль сыграл друг их семьи известный геолог и минералог Жан Этьен Геттар (1715-1786), в геологической экспедиции которого в 1763 г. А. Л. Лавуазье принимал участие сразу же после окончания школы. А. Л. Лавуазье настолько увлекся минералогией, что загорелся желанием составить минералогическую карту Франции. Данью этих увлечений явились и две первых его научных работы о химическом составе природного гипса. В 1766 г. А. Л. Лавуазье участвовал вместе с Ж. Э. Геттаром в большой экспедиции в Вогезы, посвященной изучению рудных месторождений и промышленности. В этот период А. Л. Лавуазье предпринимает и ряд самостоятельных минералогических экскурсий.

могла бы объяснить собранные нами сейчас факты, теории, которая не противоречила бы сложившимся у нас предубеждениям... Если мы свяжем с понятием элемента или основы предел делимости вещества, достигаемый при помощи существующих сейчас методов анализа, то элементами будут считаться все соединения, которые нельзя разложить никаким образом на более мелкие части: иными словами, если у нас нет способов разделить какое-либо вещество, то мы должны рассматривать его как элемент, как простое тело и не должны пытаться рассматривать его как сложное тело до той поры, пока эксперименты и наблюдения не приведут нас к противоположному выводу" (по [19], с.74-75).

Совместно с французским астрономом, математиком и физиком П. С. Лапласом (1749-1827) А. Л. Лавуазье сконструировал калориметр и определил теплоты горения и различные тепловые эффекты и характеристики многих веществ, положив начало термохимии.

Химические процессы А. Л. Лавуазье впервые стал изображать в виде уравнений химических реакций.

Особенно большое значение имело также создание новой химической номенклатуры, разработанной А. Л. Лавуазье, К. Л. Бертолле (1748-1828), А. Ф. Фуркруа (1755-1809) и Гитоном де Морво (1737-1816), основы которой были опубликованы в 1787 г. и которая широко использовалась А. Л. Лавуазье в его "Началах". С нею в химию вошли такие термины как оксид, сульфат, нитрат, оксалат и т.д., представления о разной степени окисления элементов и многие другие.

В своих "Началах" А. Л. Лавуазье опубликовал и список известных в то время простых тел-элементов" (табл. 3).

На развитие минералогии в XVII в., прежде всего описательной, большое влияние оказали работы немецкого минералога, геолога и горняка Абраама Готлиба Вернера (1749-1817; в 1800 г. в его честь назван вернерит - промежуточный член рода скаполита) - основатель фрейбергской школы минералогов, оказавшей большое влияние на развитие минералогии в ряде сопредельных стран. Оценивая роль А. Г. Вернера в развитии минералогии, А. Штурм [25] в 1835 г. писал: *"Абраам Готлиб Вернер как бы вновь создал минералогию, подобно тому как Линней - ботанику. Более определенное очертание минералогии, точнейшее определение и различение ископаемых, всеобщее введение Вернеровской системы и сильнейшее, непрерывно распространяющееся рвение к сему учению отличают период, наступающий с появления сего минералога (1774-1801). Содействием Вернера минералогия укоренилась на почве Германии и соделалась Германскою наукою в рассуждении изложения, технического языка и основательного исследования. Обе главные её части, ориктогнозию (собственно минералогию - А.Г.) и геогнозию (геологию - А.Г.), обрабатывал он*

с одинаковым рачением, первый отделил одну от другой резкою чертою и дал даже последней вид науки. Для каждой из сих отраслей написал он образцовые сочинения. Одно из них рассматривает наружные признаки минералов (1774) и составляет основание его системы, а другое излагает теорию горных жил (1799). Кроме сего посвящал он и основные статьи в периодических изданиях именно в Горном журнале, копорый при содействии его начал быть издаваем, именно в 1788 году. Заслуги Вернера видны из следующего: 1) он указал на наружные признаки к распознаванию ископаемых и определил их точнейшим образом; 2) ввел приличную терминологию и правильную номенклатуру, отличающуюся кратким и выразительным словосоставлением; 3) постановил верные правила систематики и начертал систему минералов; сия последняя хотя и не во всех частях естественна, но большею частью основана на наружных признаках и удивляет естественною сродностью между минералами одного и того же семейства, которая нередко даже подтверждалась внутреннею (химическою) природою ископаемых; 4) показал пример точного описания и отличения особенных пород ископаемых; от чего распознавание оных против прежнего значительно облегчалось и наконец 5) возвёл геогнозию, которая до него состояла из отдельных отрывков на степень самостоятельной науки. Сверх того, трудясь долгое время неутомимо и успешно в качестве наставника, он возбудил деятельность, приучил к основательному ориктогностическому и геогностическому исследованию, воодушевил учеников своих усердием к преподаваемой им науке и послел охоту к минералогическому учению вообще сначала в Германии, а потом и в других странах" (с. 17-19).

А. Г. Вернер по существу явился предтечей онтогенического направления в минералогии, обращавшего особое внимание на формы выделения минеральных индивидов, их взаимоотношения друг с другом. Особое значение имело и то, что А. Г. Вернер выделил геогнозию как науку о Земле, заложив тем самым начала геологии как самостоятельной науке.

В отношении к минералогии А. Г. Вернер остро критиковался В. М. Севергиным за пренебрежение химическим составом минералов и неудачную их систематику, построенную только на внешних признаках. Ограниченными, отвергнутыми в дальнейшем развитии науки были взгляды А. Г. Вернера на образование горных пород только из морских бассейнов (он отец

Таблица 3

Положение элементов из списка А. Л. Лавуазье (1789 г.) в Периодической системе
(выделены жирным шрифтом)

Периоды	Подгруппы																	
	Ia	IIa	IIIb	IVb	Vb	VIb	VIIb	VIIIb			Ib	IIb	IIIa	IVa	Va	VIa	VIIa	
1	<i>H</i>	He																
2	Li	Be											(B)	C	N	O	(F)	
3	Na	[Mg]											[Al]	[Si]	P	S	(Cl)	
4	K	[Ca]	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	
5	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	
6	Cs	[Ba]	Lu	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	
	←s-эл.→		← d-элементы →									← p-элементы →						

Примечания: В круглые скобки взяты символы элементов, выделявшихся в виде “радикалов” – muriевого – Cl, шлавикового – F и борного – B; в квадратных скобках – символы элементов, выделявшихся в виде оксидов – “земель”; кроме того в список элементов А. Л. Лавуазье включал “флюиды” – свет и теплород.

нептунизма)*, его пренебрежение точными характеристиками физических свойств, в том числе измерением плотности и граничных углов минералов.

Совершенно иной характер носили работы известного минералога и химика В. М. Севергина, появившиеся на рубеже XVIII и XIX веков.

Василий Михайлович Севергин (1765-1826; в 1951 г. в его честь названа марганцевая разновидность аксинита - севергинит), основатель и наиболее плодотворный автор "Технологического журнала" (1804-1826), читавший лекции по химии и минералогии в Медико-хирургической академии, преподававший пробирное искусство в Горном корпусе (ныне Ленинградский горный институт), директор Минерального кабинета ныне Минералогического музея (1807-1826). В. М. Севергин, с одной стороны, был выдающимся химиком экспериментатором и аналитиком, одним из активных пропагандистов кислородной теории А. Л. Лаувазе, с другой - исследовал целый ряд минеральных месторождений, изучил минералогическую коллекцию Академии наук. Ему принадлежит 250 печатных работ, 100 из которых посвящены химии, 92 - минералогии. Среди них такие крупные монографии, как "Первые основания минералогии или естественной истории ископаемых тел в 2-х книгах" (1798 г., около 800 стр.), "Пробирное искусство или руководство к химическому испытанию металлических руд и других ископаемых тел" (1807 г., около 400 стр.), "Подробный словарь минералогический" (1807 г., 1418 с.), "Опыт минералогического землеописания Российского государства" (1809 г., 502 с.), "Словарь химический, содержащий в себе теорию и практику химии с приложением её к естественной истории и искусствам, сочинения Шарль-Луи-Кадета, обработанный на российском языке трудами Василия Севергина" (1810-1813 гг., 2128 стр.), "Обозрение минерального кабинета Академии Наук" (1814, 112 с.), "Новая система минералов, основанная на наружных отличительных признаках" (1816 г., 320 стр.), "Начертания технологии минерального царства" (1821-1822 гг., 782 стр.). Уже один приведенный перечень работ В. М. Севергина показывает широту охвата разнообразных вопросов теоретической, описательной и прикладной минералогии, аналитической химии. Трудно изложить их содержание и то влияние, какое они имели на развитие минералогии, прежде всего отечественной, методологии науки в целом.

* Борьба с нептунизмом началась фактически с 1788 г., когда была опубликована "Теория Земли" шотландца Д. Хеттона, медика по образованию, в которой он последовательно развивал теорию возникновения вулканических образований и глубинного изменения пород - антипод нептуническим взглядам А. Г. Вернера.

Здесь особо надо выделить разработку углубленной систематики минералов по химическим и физическим признакам. Так все ископаемые тела В. М. Севергин делит первоначально, как это делал и Авицена, на 4 класса: I. Земли и камни. II. Соли. III. Горючие тела. IV. Металлические тела. Но далее в каждом классе он выделяет более мелкие таксоны: отделение, род, вид, отличия, разность. Так, например класс I он делит на 7 родов: 1. известковые, 2. стронциевые, 3. тяжелые, 4. тальковые, 5. глинистые, 6. цирконные и гиацинтовые, 7. кремнистые земли и камни, что отвечает соединениям Ca, Sr, Ba, Mg, Al, Zr и Si соответственно. Дальнейшая наиболее подробная систематика разработана им для известковых земель и камней, как включающего наибольшее число минералов. Этот род делится на 6 отделений: 1. известь с воздушною кислотою соединённая (сюда попали камни, состоящие из карбоната кальция), 2. известь с купоросною кислотою, соединённая, (сульфаты кальция), 3. известь плавиковою кислотою соединённая (флюорит), 4. известь с борной кислотою соединённая (борацит), 5. известь с фосфорною кислотою соединённая (апатит и фосфорный известковый камень), 6. известь с прочими землями соединённая (вилуйскит гиацинт-вилуит, "стекловатый шпат" (шпинель). Далее систематика строится по физическим признакам, в соответствии с чем выделяются отличия (мрамор, зернистый известняк, известковый шпат, гороховый камень и др.) и разности (а. одноцветные мраморы: белый, черный и т.д. - всего 9 разностей, б. разноцветные мраморы - всего 11 разностей и т.п.). Несколько иную систематику имел класс II солей. Так первоначально он делился на 3 отделения: 1. кислые соли или кислоты, 2. щелочные соли, 3. средние соли*. Отделение средних солей делилось им на роды: I углекислые средние соли (3 вида: 1. поташная, 2. минеральная и 3. летучая щелочная соль), II купоросные средние соли (4 вида: 1. глауберова соль, 2. купоросный винный камень и т.д.), III селитряные, IV солёные, V буровые средние соли. Таким образом, систематика В. М. Севергина представляет собой весьма существенный шаг в развитии минералогии. Важно, что он не только описал по этой систематике все известные в то время минералы, но и реорганизовал экспозицию Минерального кабинета, воплотив разработанную им систематику в натуре.

Ему же принадлежит разработка высказанных ещё М. В. Ломоносовым идей о совместном нахождении минералов, которые В. М. Севергин называл смежностью минералов, получившее позже название парагенезиса. Важнейшей заслугой В. М.

* Представление о кислых, средних (нейтральных) и основных солях, приведённая для них терминология были введены Гийомом Франсуа Рузлем (1703-1770). Указанные термины опирались на то, что соль, кристаллизовавшаяся из раствора сульфата калия с избытком кислоты была кислой на вкус, а с избытком поташа - щелочной (основной).

Севергина является также существенное развитие не только описательной, но и топографической минералогии, (в России он является основателем этого направления), разработка строго научной терминологии не только минералогии, но и химии. Так именно В. М. Севергину мы обязаны такими терминами, как кремнезём, сернокислые и углекислые соли, окисление и другие; он же предложил название элемента бора, вошедшее в отечественную литературу. Особое внимание В. М. Севергин уделял также технологической и экономической минералогии, разработке технологических методов переработки природного сырья, в частности, получения селитры, столь важного компонента пороха, в котором особо нуждалась Россия в войне с Наполеоном I. Важно и то, что В. М. Севергин проявил себя и передовым химиком, в том числе и в том, что один из первых русских ученых выступил против теории флогистона. Из общеметодических высказываний В. М. Севергина особо следует выделить его представление о том, что должно класться в основу развития науки. Так он писал: *"Немцы всё систематизируют, французы и итальянцы обращают особое исключительное внимание на вулканы; только швейцарские, английские и русские ученые занимаются изучением каменных пород. В последнее время страсть к теориям одержала верх над стремлением к точности наблюдений и исследований. Посещают какую-либо каменоломню, окидывают ее беглым взглядом, довольствуются первым впечатлением и, воротившись домой, дают полную волю воображению; оно начинает работать, и в тиши кабинета создаётся новая теория. Но она распадается при первом появлении других лиц, выносящих иное впечатление. И какая же польза от подобной смены и столкновения взглядов? - Без точных наблюдений и исследований нет и не может быть науки"* (по [5], с.90). К этому же относятся и его предупреждения к "философам" остерегаться *"необузданной пылкости воображения"*, *"излишней к себе доверенности"*, *"излишней доверенности к другим"* (*"всегда лучше сомневаться"*) и *"упорства или нехотения следовать правильным другим замечаниям"* (там же)*.

В расширении знаний о минералах, их месторождениях большое значение имели крупные экспедиции в различные удаленные районы. В России особенно большую роль в этом отношении сыграли экспедиции академиков П. С. Палласа (1773-1788 и 1799-1801), И. И. Лепехина (1772, 1802), И. Ф. Германа (1789- 1811). В это же время развивается горное дело и

* В связи с этим представляется уместным напомнить, что говоря о возможных ошибках в научных исследованиях, еще Роджер Бэкон (1214-1294) выделял четыре из них: "1) вера в авторитеты, 2) слепая привычка, 3) использование мнений невежественного большинства и 4) смешение полного невежества с кажущимися знаниями или претензиями на знания" (по [17], с.107).

металлургия. В России их развитие связано с тульскими кузнецами Демидовыми, которых Петр I в начале 1700-х годов послал на Урал и усилиями которых открыт ряд рудников, созданы первые металлургические заводы в России (Каменский, Невьянский и др.). В XVIII в.резко (на 26) увеличивается число минералогических музеев в различных странах Европы; появляются они и в России. Первый из них закладывается в 1716 г., когда Петр I приобретает у аптекаря Готвальда из Данцига (Гданьска, Польша) коллекцию ископаемых почти в 1200 образцов, положившую начало Минеральному кабинету Кунсткамеры, к работе в котором привлекаются академик Гмелин, а затем М.В. Ломоносов, составившие первый каталог минералов этого кабинета. Он вышел в свет в 1745 г. и был первым российским изданием, посвященным минералогии (в нем было 227 с., и описывалось 3030 образцов на латинском языке)*.

В 1775 г. создается минералогический музей Московского университета, в фонд которого поступают крупная коллекция, пожертвованная Демидовыми, состоявшая из российских, главным образом уральских образцов, и коллекции минералов из Германии И. Ф. Генкеля, у которого в своё время учился М. В. Ломоносов, а затем и многие другие известные коллекция. Сейчас это минералогический отдел Государственного геологического музея им. В. И. Вернадского РАН и МВиССО РФ, насчитывающий более 60 тыс. образцов.

В этом же столетии в Европе (в основном в Германии) возникает еще 23 новых музея, собирающих коллекции минералов; появляется первый подобный музей и в США (минералогический музей Гарвардского университета, образованный в 1784 г.). Модным становится частное коллекционирование минералов знатью**.

XVIII в. отмечен существенным развитием исследований кристаллов. Уже в начале века - в 1719 г. - появляется "Эскиз исторической, физической и медицинской кристаллографии," которую Я. А. Капеллер в Люцерне желает преподнести с божьей помощью знаменитому обществу просвещенных физиков,

* В дальнейшем Минеральный кабинет сыграл огромную роль в развитии минералогии, прежде всего отечественной, поскольку с ним были связаны судьбы всех крупнейших минералогов России, а В. М. Севергин, Н. И. Кокшаров, В. И. Вернадский, А. Е. Ферсман были руководителями Музея, возникшего на базе Минерального кабинета Кунсткамеры. До 1930 г. он был единственным исследовательским учреждением в РАН минералогического профиля, а в 1930-1932 гг. был преобразован вместе с Петрографическим институтом и Институтом геологических наук в Институт геологических наук, давший начало большинству академических учреждений геолого-минералогического профиля РАН. Ныне это самостоятельный Минералогический музей им. А. Е. Ферсмана РАН - один из крупнейших минералогических музеев мира.

** Диагностика минералов в таких коллекциях, составление их каталогов служили одно время в качестве важного источника средств для существования Ж. Б. Ромэ-Деллиля; такую же работу выполнял иногда и Р. Ж. Гаюн.

написанная швейцарским врачом-натуралистом М. А. Капеллером (1685- 1790). В ней автор впервые вводит термин кристаллография, подразумевая под ним не только описание кристаллов горного хрусталя, но и остальных окристаллизованных тел, дается определение кристаллов: *"Кристаллами, в переносном, не строгом значении этого слова, называют такие тела, которые, так же как и тот камень (горный хрусталь, - И.Ш.), обладают собственными, присущими им самим геометрическими фигурами в виде полиэдров, ограниченных углами или какими-либо иными формами. Сюда же относят тела, приближающиеся к настоящему кристаллу своей прозрачностью"* (по [23], с. 113). В своей работе М. А. Капеллер привел рисунки кристаллов многих минералов, кристаллов, образование которых он наблюдал под микроскопом, описал 6 различных способов кристаллизации: 1) из водных растворов, 2) из растворов, содержащих взвешенные частицы посторонних тел (глин и т.п.), 3) путем упаривания жидкости, 4) в результате сублимации, 5) на поверхности растворов в соприкосновении с воздухом, 6) в движущейся жидкости.

По заключению И. И. Шафрановского М. А. Капеллер *"стремился (кристаллы - А.Г.) подчинить строгому порядку по разработанной им самим геометрической классификации. Он был первым, наглядно показавшим все значение кристаллических форм не только для практического определения кристаллов, но и для установления их сродства. Созданная им геометрическая классификация окристаллизованных тел является одной из первых, хотя ещё и очень примитивных, систематик, всецело основанных на геометрии кристаллов и в какой-то мере предшествующих современным классификациям с учетом сингоний, видов симметрии, пространственных групп"* (по [23], с.121).

Огромную роль в становлении кристаллографии как науки, её развитии, упорядочении её связей с минералогией сыграли работы Жака Батиста Ромэ-Делиля (1736-1790). Получив образование инженера-артиллериста Ромэ-Делиль первую половину жизни (до 1764 г.) провёл в далёких и опасных путешествиях, в том числе в Индии, Китае на острове Св. Фомы. В это время он познакомился с красотой и разнообразием драгоценных камней Востока, пробудивших в нём глубокий интерес к минералогии и особенно кристаллографии. Возвратившись в Париж он живет описанием минералогических коллекций знати и интенсивно собирает собственную коллекцию кристаллов, которая со временем превратилась в крупнейшую коллекцию кристаллов в мире, включающую кристаллы более 500 различных веществ. Эта коллекция легла в основу исследования кристаллов, главным образом их морфологии, многочисленных изменений углов между рёбрами и телесных углов кристаллов,

составления атласа кристаллических форм. Эта работа была тем более успешной, поскольку Ромэ-Делиль пользовался прикладным гониометром, сконструированным его помощником М. Каранжо и изготовленным Вэнсаром. Свои наблюдения Ж. Б. Ромэ-Делиль изложил в "Опыте кристаллографии" (1772 г.), а затем в 4-х томной "Кристаллографии" (1783 г.).

В ней Ж. Б. Ромэ-Делиль прежде всего расширяет объём кристаллографии, включая в её объекты не только прозрачные кристаллы, но и кристаллические формы всех тел минерального царства. Он приводит огромный фактический материал, в том числе и атлас кристаллических форм, которому отведен четвертый том "Кристаллографии", который по его рекомендации *"послужит любителям кристаллов таким же пособием, как гербарий и флора для любителей ботаники"* (по [23], с. 226). В этой работе Ж. Б. Ромэ-Делиль четко формулирует закон постоянства граничных углов: *"В кристаллах взаимный наклон плоскостей является действительно характерной особенностью, поскольку он всегда одинаков для одного и того же рода веществ"* (по [23], с. 230). В своих "аксиомах и общих принципах" Ж. Б. Ромэ-Делиль формулирует много важнейших положений об огранке кристаллов, их росте, утверждая что *"границы кристалла могут меняться по форме и относительным размерам, но их взаимные наклоны постоянны и неизменны для каждого рода кристаллов"*. Ж. Б. Ромэ-Делиль не только формулирует и на большом фактическом материале доказывает этот закон, но рассматривает важнейшие стороны процессов кристаллизации вообще, рекомендует использовать внешние формы кристаллов для диагностики минералов. Важно и то, что он отмечал важнейшую роль кристаллографии для геологии. В связи с этим он писал: *"Трактат, который я предлагаю читателям..., представляет собой не только кристаллографию, столь полную, насколько это позволяет современное состояние наших знаний, но также и литологию. Последняя вместе с минералогией дает общие представления о строении Земли, которое ни одна из существующих теорий не сможет объяснить, если она не будет основываться на учении о кристаллах. Действительно, не является ли эти первозданные горы, в которых красноречивый исследователь Природы бессмертный Бюффон видел только вздувшиеся массы расплавленных веществ, не являются ли они ничем иным, как громадным скоплением различного рода кристаллов?"* (по [23], с. 224).

Конец XVIII в. знаменуется выходом в свет книги французского аббата-минералога, кристаллографа и физика Ренэ Жюста Гаюи (1743-1822; в 1807 г. в его честь назван минерал

* Р. Ж. Гаюи с 1783 г. был членом Комиссии мер и весов Парижской Академии наук, секретарем которой был А. Л. Лавуазье.

гаюин) "Опыт теории структуры кристаллов" (1784 г.). В ней Р. Ж. Гаюи излагает представления о внутреннем строении кристаллов из простых элементарных параллелепипедов, о форме которых он получил представления путём раскалывания кристаллов по спайности. Оценивая эту часть работы Р. Ж. Гаюи, И. И. Шафрановский писал: *"Придя к выводу о наличии в каждом кристалле совокупностей маленьких параллелепипедов, равных между собой и смежных по целым граням, Гаюи тем самым заложил основу для теории решетчатого строения кристаллов, согласно которой кристаллические структуры соответствуют параллелепипедальным системам точек. Как известно, развитие этой теории связано с именем О. Браве, заменившего параллелепипеды Гаюи центрами их тяжести. Из сказанного ясно, что своим зарождением современная структурная кристаллография в основном обязана Гаюи"* (по [23], с. 264). Большое значение имело и утверждение Р. Ж. Гаюи о том, что каждое кристаллическое вещество характеризуется своим собственным строением, типичным для него гранными углами. Свои исследования кристаллов Р. Ж. Гаюи положил позже в основу оригинальной систематики минералов, использованной в его 4-х томной "Минералогии" (1801 г., 2-е издание в 1822 г.). В ней автор даёт и понятие минерального вида как *"совокупности всех тех минеральных тел, которые имеют одинаковые интегрирующие молекулы и которые составлены из одних и тех же элементов, соединённых между собою в одинаковых отношениях"* (по [23], с. 272), описал 47 различных форм кальцита (простых и их комбинаций) привел список, содержащий 20 "двупреломляющих" и 10 "однопреломляющих" минералов, что, несмотря на некоторые ошибки, существенно превышало известные до него примеры двупреломляющих кристаллов, сводившиеся к кальциту и кварцу. Р. Ж. Гаюи установил обобщающую закономерность о том, что вещества с высокосимметричными "интегрирующими молекулами" (кубами, октаэдрами, ромбододекаэдрами) изотропны. Нашел направление, вдоль которого двупреломляющие кристаллы оптически изотропны. Оптические свойства кристаллов предложил использовать для диагностики драгоценных камней.

Используя закон постоянства граничных углов, Р. Ж. Гаюи выделил из разнородной группы "шерлов" пироксены, амфиболы, эпидот, турмалин, аксинит, ставролит, кианит, аватаз, топаз, альбит, доказал принадлежность к одному виду корунда, рубина, сапфира и наждака, изумруда и берилла и сделал много других открытий, в том числе об отсутствии двупреломления у кристаллов в форме куба, октаэдра, ромбододекаэдра, т.е. обладающих кубической сингонией. Говоря о заслугах Р. Ж. Гаюи надо отметить и то, что он по словам В. И. Вернадского *"утвердил в науке о кристаллах идею симметрии..., применил идею*

симметрии не только к форме многогранников, но и физическим свойствам их" (по [3], с. 15). Р. Ж. Гаюи разработал оригинальную систематику минералов, основанную, к сожалению, только на наружных признаках, использовавшуюся тем не менее несколько десятилетий в монографиях по минералогии (например, первое издание "Системы минералогии" Д. Д. Дэна) и при разработке музейных экспозиций.

Однако все выдающиеся исследования по кристаллографии XVIII в. стали достоянием науки. К ним прежде всего принадлежат исключительно интересные работы знаменитого французского химика-технолога Николя Леблана (1742-1806) и Петербургского академика химика Товия Егоровича (Иоганна Тобиаса) Ловица (1757-1804). Их работы опередили своё время почти на 100 лет и были забыты; лишь в конце XIX в., когда резко возрос интерес к выращиванию кристаллов учёные заново открыли многие из явлений, установленных Н. Лебланом и Т. Е. Ловицем.

В XVIII в. расширяются знания и о физических свойствах кристаллов. В этой связи прежде всего следует отметить открытие явления термоэлектричества на кристаллах турмалина. Проявлялось оно в том, что кристаллы турмалина притягивали золу при нагревании и отталкивали её при охлаждении. Само явление было открыто в 1707 г. Гарманом на кристаллах турмалина, привезенных в Голландию с Шри Ланки, но особое признание получило после работ петербургского академика химика Франца Ульриха Теодора Эпинуса (1724-1802; работы 1759 и 1762 гг.) и Р. Ж. Гаюи. Электрическую природу этого явления и полярность кристаллов турмалина доказал Ф. У. Т. Эпинус.

Таким образом в XVIII в. происходит существенное развитие минералогии и смежных наук - химии, металлургии, горного дела, физики, оформляется в качестве самостоятельной науки кристаллография, из минералогии выделяется геогнозия (геология), что, вслед за выделением из её объектов ископаемых остатков, в ещё большей мере конкретизирует поле работ минералогов.

На развитие минералогии огромное влияние оказала революция в химии, происшедшая в конце XVIII в., когда на место туманным концепциям сторонников флогистона пришло материалистическое учение о горении, основах дыхания и многих других явлениях, опирающееся на признание в этом ведущей роли кислорода. Большое значение имели также конкретизация задач химии, которые передовыми учеными стали пониматься прежде всего как разложение сложных тел на простые, их анализ и получение сложных тел из простых, качественное и количественное изучение этих процессов, новый подход к пониманию простого тела (элемента), новая рациональная

химическая номенклатура. На минералогию это влияние было особенно сильным, поскольку многие химики, в том числе крупнейшие, продолжали активно работать над исследованием состава минералов, их свойств; для части из них минералогия сыграла основную роль в выборе поля своих исследований. Исследование минералов становится важнейшим источником открытия новых химических элементов. Так из 19 элементов, открытых в XVIII в. (см. табл. 1, 2), 16 выделены непосредственно из минералов, причем 10 из них получили название по соответствующему минералу или их название связывалось с названием минерала общим корнем (табл. 4). В химии и физике укрепляется количественный подход к исследованию различных тел, все в большей мере проникающий в минералогия и кристаллографию.

В XVIII в. бурно развивается описательная минералогия, минералогическая систематика на химической, кристалломорфологической основе, на основе физических признаков. Огромное значение имело установление закона граничных углов, выяснение основных процессов кристаллообразования. В то же время исследования минералов позволяют открывать новые физические явления. Из них особо надо отметить термо- и пьезоэлектричество, открытые в XVIII в. В XVIII в. резко увеличивается число музеев, собирающих минералогические коллекции, т.е. резко увеличивается фактическая (вещественная) фундаментальная база минералогии. Большое развитие получает частное коллекционирование, причем некоторые из таких коллекций послужили существенному развитию минералогии (это прежде всего коллекция минералов А. Ф. Кронштедта и кристаллов Ж. Б. Ромэ-Делиля).

XIX век

В XIX в. развитие минералогии как и прежде неразрывно связано с прогрессом химии - её основных понятий и методов прежде всего анализа, опирающихся на физику, развитием кристаллографии. Именно это позволяло развивать методы диагностики минералов, получать данные об их химическом составе, количественные характеристики внешней формы кристаллов, различных физических свойств.

Начало XIX в. в химии отмечено знаменитым спором между К. Л. Бертолле и Ж. Л. Прустом о постоянстве состава химических веществ, длившимся с 1801 по 1808 гг. Основы этого спора, с одной стороны, были заложены развитием аналитической химии и прежде всего солей, устанавливавшей определенные соотношения между их составными частями - основаниями и кислотами. В этом отношении особенно большое значение имели теоретические представления о том, что соли состоят из кислот и

Таблица 4

Названия элементов, данные по названию минерала, из которого были выделены они или их соединения (в хронологическом порядке)

Элемент	Название, данное по минералу	Время открытия
Sb	Stibium (лат.) – от наиболее распространенного минерала стибнита (антимонита)	Доисторическое
Ni	Niccolum (лат); никель (русск.) – единый корень с никелином** (купферникелем по-немецки)	1751 г.
N	Nitrogenium (лат.); nitrogen (англ.) – от селитры*	1756 г.
Mn	Manganum (лат.), марганец (русск.) – по лат. названию пиролюзита “manganese”	1774 г.
Ba	Barium (лат.), барий (русск.) – от барита	1774 г.
W	Wolframium (лат.), вольфрам (русск.) – от вольфрамита; tungsten (англ.) – от первоначального названия шеелита	1781 г.
Zr	Zirconium (лат.), цирконий (русск.) – от циркона	1789 г.
Sr	Strontium (лат.), стронций (русск.) – от стронцианита	1790 г.
Mo	Molybdaenum (лат.), молибден (русск.) – от молибденита	1790 г.
Y	Yttrium (лат.), иттрий (русск.) – от иттербита (гадолинита)	1794 г.
Be	Beryllium (лат.), бериллий (русск.) – от берилла	1798 г.
Nb (Cb)	Cb-columbium (англ.) – от колумбита	1801 г.
Ce	Cerium (лат.), церий (русск.) – от церита	1803 г.
Na	Natrium (лат.), натрий (русск.), sodium (англ.) – от natron – сода*	1807 г.
B	Borum (лат.), бор (русск.) – от буры*	1808 г.
Mg	Magnesium (лат.), магний (русск.) – от магнезита	1808 г.
Al	Aluminium (лат.), алюминий (русск.) – от alumen (лат.) – квасцы*	1825 г.
Si	Silicium (лат.) – от лат. silix – кремень; кремний (русск.) – от кремнезёма (кремня)	1825

1	2	
Th	Thorium (лат.), торий (русс.) – сдиный корень с торитом**	1828 г.
Tb	Terbium (лат.), тербий (русс.) – от иттербита (гадолинита)	1843 г.
Sm	Samarium (лат.), самарий (русс.) – от Самарскита	1878 г.
Yb	Ytterbium (лат.), иттербий (русс.) – от иттербита (гадолинита)	1878 г.
Er	Erbium (лат.), эрбий (русс.) – от иттербита (гадолинита)	1879 г.
F	Fluogum (лат.), fluorine (англ.) – от флюорита	1886 г.

Примечание: Вещества, помеченные одной звёздочкой, использовались в качестве синтетических соединений, из которых получались промежуточные соединения, использованные для выделения элемента, хотя они известны в качестве минералов, в том числе местами образующих крупные скопления; двумя звёздочками – минералы, на которых был открыт соответствующий элемент и имеющие с последним общий корень в названии.

Кроме того, название Li дано от “литос” – камень.

оснований, восходящие к ван Гельмонту (1643), Германа Бургаве (1668-1738) и химико-аналитические исследования минералов и синтетических солей, выполненные Т. О. Бергманом, Л. Н. Вокеленом, Ричардом Кирваном (1733-1812), Т. Е. Ловицем, М. Г. Клапротом, Карлом Фридрихом Венцеллем (1740-1793), Иеремией Вепьямином Рихтсром (1762-1807). Последний особенно много сделал в поисках и расчетах соединительных весов кислот и оснований в солях, назвав экспериментальную область их определения стехиометрией (от греческих слов "стоихейон" - стихия, начало, элемент и "метрон" - мера). Все эти данные говорили в пользу постоянных отношений составляющих частей солей.

Сам же спор возник в результате работ Клода Луи Бертолле (1748-1822), отстаивавшего представления о переменном составе химических соединений и рассматривавшего целочисленные отношения компонентов в них как частный случай более общего закона. Эти взгляды К. Л. Бертолле отстаивал, опираясь на теоретические представления о химическом сродстве или притяжении в целом под действием тех же сил, что и силы взаимного тяготения космических тел, открытые И. Ньютоном, влиянии на них температуры, плотности взаимодействующих веществ. Считая основным для химического соединения отличие его свойств от свойств исходных веществ, К. Л. Бертолле относил к химическим веществам стекла, металлические сплавы* и различные смеси переменного состава. Учение К. Л. Бертолле о переменном составе химических веществ, изложенное в его "Исследованиях законов сродства" (1801) и "Опыте химической статистики" (1803) нашло отклики у многих химиков, причем такие авторитеты как М. Г. Клапрот и Л. Н. Вокелен не решались открыто выступать против неё.

Против подобных взглядов К. Л. Бертолле в 1801 г. выступил Ж. Л. Пруст.

Жозеф Луи Пруст (1754-1826; в 1832 г. в его честь назван минерал прустит) - французский химик, работавший одно время в Испании, член Парижской Академии наук (с 1816 г.), имевший превосходную коллекцию минералов, многие из которых были собраны им самим. Он подверг химическому анализу, в частности, большое количество минералов и различных соединений Sn, Cu, Fe, Ni, Co, Sb, Ag, Au. На закон о постоянстве состава его навели опыты с минералами одного минерального вида, но с разных месторождений, сравнение веществ, полученных из минералов с синтетическими веществами, полученными иным

* На рубеже XIX и XX вв. Н. С. Курнаков, исследуя металлические сплавы, показал, что они могут иногда представлять соединения переменного состава, для которых он предложил название бертоллидов; позже они были обнаружены среди оксидов переходных металлов и некоторых других классов веществ.

(препаративным) путем. Так он отмечал, что оксид цинка, получаемый при обжиге сфалерита разных месторождений имел всегда постоянный состав и свойства - такие же как и оксид цинка, полученный прокаливанием его гидроксида, осажденного при взаимодействии соли цинка и щелочей. Утверждая закон постоянства состава - один из основных законов химии, Ж. Л. Пруст писал: *"Соединение есть привилегированный продукт, которому природа дала постоянный состав. Природа, даже через посредство людей, не производит соединения иначе, как с весами в руках, - по мере и весу. От одного полюса к другому соединения имеют тождественный состав. Их внешний вид может различаться, но их свойства никогда не бывают различными. Никакой разницы мы не видим между окисью железа южного полушария и северного; японская киноварь имеет тот же состав, как испанская киноварь; хлористое серебро совершенно тождественно, происходит ли оно из Перу или из Сибири; во всем свете имеется только один хлористый натрий, одна селитра, одна сернокальциевая соль, одна сернобариевая соль. Анализ подтверждает эти факты на каждом шагу"* (по [17], с. 437).

Кроме этого Ж. Л. Пруст ввел реакции осаждения сульфидов Cu, Pb, Co, Ni и Sb сероводородом, доказал существование нескольких сульфатов и оксидов Fe (сульфатов и оксидов Fe²⁺ и Fe³⁺). Обнаружил Ni в железных метеоритах и высказал предположение, что его устойчивость к коррозии связана именно с примесями Ni. Совместно с М. Г. Клапротом доказал, что P широко распространен в земной коре, в основном в виде фосфата Ca.

Одновременно, будучи превосходным аналитиком, Ж. Л. Пруст доказал ошибки в анализе ряда веществ, допущенные К. Л. Бертолле.

В результате практически все химики признали правоту в этом споре Ж. Л. Пруста, хотя К. Л. Бертолле отстаивал свою точку зрения ещё и в 1809 г.

Характеризуя состояние химических знаний в начале XIX в., Н. А. Фигуровский [17] писал: *"К началу XIX в. химия, освободившаяся наконец от реакционного наследия и отсталых традиций алхимического, иатрохимического и флогистического периодов, вышла на широкую дорогу экспериментального и теоретического исследования. Впервые за всю историю развития химия приобрела характер классической экспериментальной науки и получила благодаря сделанным успехам блестящие перспективы дальнейшего развития"* (с.438).

Существенную роль в развитии химии сыграло развитие учения об электричестве, начавшееся в конце XVIII в. с опытов Луиджи Гальвани (1737-1798) по "животному электричеству". Джузеппе Антонио Анастасио Вольта (1745-1827; в 1792 г. в его честь назван минерал вольтаит), повторяя опыты Л. Гальвани,

пришел к выводу, что мышцы лягушки в них играют роль электромотора, тогда как электроток, получивший название гальванического (в честь Л. Гальвани), возникает на контакте двух различных металлов. Это привело к созданию гальванического элемента, в котором ток возникал при контактном соприкосновении пластин из разных металлов, заряжавшихся электричеством противоположного знака, а затем и батареи гальванических элементов, получившей в честь её изобретателя название Вольтова столба. После изобретения Вольтова столба гальванические батареи стали использовать для самых различных опытов, что привело к открытию процесса разложения воды, явления электролиза, открытию некоторых элементов (K, Na), выделению в чистом виде щелочноземельных элементов (Ca, Sr, Ba, Mg), созданию электрохимической теории строения веществ и развитию атомистики.

Развитие химии в первой половине XIX в. связано в первую очередь с Йенсеном Якобом Берцелиусом (1779-1848; в его честь названы минералы берцелит, 1840 г. и берцелианит, 1850 г.) - членом (1808), президентом и неприменным секретарем Шведской Академии наук (1818), иностранным членом Петербургской Академии наук (1820). В химии ему принадлежит заслуга развития атомистики и правильного определения атомных масс большинства из известных в эту пору элементов (для 36 из 49), создание стройной электрохимической теории электросродства, разработка номенклатуры химических элементов, способа написания формул веществ и реакций между ними, близкого к современным. При определении атомных масс первостепенное значение имело то, что Й. Я. Берцелиус правильно определил формулы H_2O , NH_3 и многих других газов пришел к следующим возможным формулам оксидов: R_2O , RO , R_2O_3 , RO_2 , R_2O_5 и R_2O_7 и учитывал законы изоморфизма. Для этой работы им были использованы выполненные им лично анализы около 2000 веществ, содержащих 43 элемента. Величины атомных масс первоначально были опубликованы в 1814 г., а затем публиковались исправленные значения и в 1826 г. была опубликована окончательная их таблица.

Й. Я. Берцелиус считал, что все вещества состоят из положительно и отрицательно заряженных частиц, удерживаемых силами взаимного притяжения. Самым электроотрицательным элементом он считал O, самым электроположительным - K;

* Термины "электроположительные" и "электроотрицательные" элементы этимологически связаны с поведением их солей при электролизе. В пояснение сказанному А. Штурм [25] писал: "Одни тела притягиваются положительным, а другие отрицательным полюсом гальванического прибора. Первые называют электроотрицательными, а последние электроположительными (курсив автора), основываясь на том, что друг друга притягивают тела, разнородно электризованные" (с. 422).

оставшиеся элементы расположил в ряд между ними, распадавшийся на три части: электроотрицательные элементы в нисходящем порядке: O, S, N, F, Cl, P, Se, As, Mo, Cr, W, B, C, Sb, Te, Ta, Si, Os; переходный элемент: H; электроположительные элементы в восходящем порядке: Au, Ir, Rh, Pt, Pd, Hg, Ag, Cu, Ni, Co, Bi, Sn, Zr, Pb, Ce, U, Fe, Cd, Zn, Mn, Al, Y, Be, Mg, Ca, Sr, Ba, K. Классе кислот он относил к электроотрицательным соединениям, класс оснований - к электроположительным. Эта теория позволяла объяснить взаимодействие веществ друг с другом, поведение их в растворах, причины образования химических соединений. Она явилась основой для создания в дальнейшем учения об электроотрицательности элементов, получившем особенно большое развитие уже в наше время в работах Л. Полинга, Р. Муликена, С. С. Бацапова, В. С. Усурова, А. А. Годовикова.

Й. Я. Берцелиус в 1813 г. предложил обозначать элементы не алхимическими символами, затруднявшими, в частности, типографский набор, а первой одной или двумя буквами латинского названия элемента, разработал стройную систему написания формул веществ, состоявших по Й. Я. Берцелиусу из электроположительной (в солях основания) и электроотрицательной (в солях ангидрида) частей.

Й. Я. Берцелиус исследовал химический состав многих минералов. Для этого он широко использовал метод паяльной трубки, который изучил под руководством И. Г. Гана, усовершенствовал его и издал специальное руководство по изучению минералов с помощью паяльной трубки. Обучил этому методу многих исследователей, в том числе И. В. Гете. Открыл ряд новых элементов - Ce, Se, Th, причем при открытии Se и Th большое значение имел анализ с помощью паяльной трубки. Й. Я. Берцелиус впервые получил в элементарном состоянии Si, Zr, Mo, Ta, амальгамы Ca, Sr и Ba, доказав преимущество ртутного катода при электролизе.

Й. Я. Берцелиус ввел в науку понятия изомерии, аллотропии, катализа, металлоидов.

Огромное значение для развития химии имели "Учебник химии" Й. Я. Берцелиуса, изданный в 1808-1818 гг. в трёх томах и выдержавший потом 5 изданий (последнее в 1843-1848 гг. в пяти томах), переведённый на немецкий, французский и русский языки, в котором Й. Я. Берцелиус обстоятельно излагал свои теории и результаты исследования, а также выпускавшиеся им обзоры по химии (всего вышло 27 томов), в которых он не только приводил результаты новейших достижений по химии, но и подвергал многие из них обстоятельной, а иногда и весьма резкой критике. "Обзоры" были главным источником информации химиков того времени и переводились на ряд языков.

Получив в подарок основную часть большой коллекции минералов Андерса Экеберга*, Й. Я. Берцелиус проанализировал многие из них, установив большую роль среди них минералов, содержащих "кремневое вещество", для которых предложил название "силикаты". Неудовлетворенный кристалломорфологической систематикой минералов Р. Ж. Гаюи, господствовавшей в науке в то время, разработал для своей коллекции их систематику на химической основе. В ней, в частности, силикаты делил на 3 группы в зависимости от отношения металлов с "кремневым веществом": 1:1, 1:2, 1:3.

Из крупных химиков, внесших особо заметный вклад в развитие химического анализа и открытие новых химических элементов, химическое исследование минералов, необходимо отметить также К. Г. Мозандера, Г. И. Гесса и Р. В. Бунзена.

Карл Густав Мозандер (1797-1858; в 1841 г. в его честь назван минерал мозандрит) - шведский химик и минералог, открывший и исследовавший несколько редкоземельных элементов. В 1839 г. К. Г. Мозандер доказал, что цериевая земля Й. Я. Берцелиуса и М. Г. Клапрота состоит из нескольких элементов, один из которых был назван лантаном. В этом же году получил чистую цериевую землю; металлический Се получил лишь в 1875 г. американский химик У. Ф. Гиллебранд. Выделил дидимовую землю, неоднородность которой в 1882 г. была доказана спектроскопически Браунером и которую Ауэр фон Вельсбах в 1885 г. разделил на празеодим и неодим. В 1843 г. выделил из иттербиевой земли Ю. Гадолина 3 земли (оксида): бесцветную, коричневую и розовую, назвав их в качестве элементов по частям слова иттербий - иттрий, тербий, эрбий соответственно. В 1879 г. эрбий К. Г. Мозандера шведский химик и спектроскопист Пер-Теодор Клеве (1840-1905) разделил на собственно эрбий, гольмий и тулий.

Герман Иванович Гесс (1802-1850; в 1843 г. в его честь назван минерал гессит) - врач в Иркутске (с 1826), занимавшийся там химико-аналитическими и геолого-минералогическими исследованиями, участвовавший в экспедициях на Урал, Байкал, в Кяхту, адъюнкт (1828), экстраординарный (1830), ординарный (1834) академик Петербургской АН, преподаватель химии в Главном педагогическом и Горном институтах и других учреждениях. Автор учебника "Основания чистой химии", выдержавшего за 1831-1849 гг. семь изданий - основного учебника во всех высших учебных заведениях России, пока на смену ему не приплыли "Основы химии" Д. И. Менделеева. Материал в нём Г. И.

* Андерс Густав Экеберг (1767-1813) шведский минералог и химик, профессор Упсальского университета, учитель Берцелиуса, выделивший из танталита смесь оксидов ниобия и тантала, принятую им за оксид нового элемента, подтвердивший открытую Гадолином "иттровую землю" в иттербите, для которой и предложил указанное название.

Гесс излагал не с позиций общепринятой электрохимической теории, а по группам сходных по своим свойствам элементов. Г. И. Гесс - основоположник термохимии, открывший основные её законы. Окончательно отработал русскую химическую терминологию, которая, будучи дополненной Д. И. Менделеевым в "Основах химии", сохранила своё значение до наших дней. Проанализировал многие минералы, образцы которых передал в Минералогический музей АН. Открыл уваровит, гидроборацит, фольбортит и определил их химический состав.

Роберт Вильгельм Бунзен (1811-1899; в 1877 г. в его честь назван минерал бунзенит) - знаменитый немецкий химик, впервые широко применивший при исследованиях спектральный анализ с помощью спектроскопа, разработанного совместно с Густавом Робертом Кирхгофом (1824-1887) и открывший вместе с последним этим путём Rb и Cs в минеральной воде из Дюркхайма, Li - в лепидолите из Саксонии. Р. В. Бунзену принадлежат важнейшие работы по аналитической химии, электрохимии, усовершенствованию доменного процесса и другим областям физической и прикладной химии, минералогии. После работ Р. В. Бунзена и Г. Р. Кирхгофа спектральный анализ начинает широко использоваться в химии и при анализе минералов; с его помощью открывается ряд новых, в том числе редкоземельных элементов.

В XIX в. фактически сформировалась атомно-молекулярная теория в химии. В этом особая заслуга принадлежит Д. Дальтону, Ж. Л. Гей-Люссаку, А. Авогадро и С. Канниццаро.

Джон Дальтон (1766-1844) - английский математик и химик, самоучка, член Лондонского Королевского общества (1822). В 1803 г. впервые в своем лабораторном журнале записал таблицу относительных атомных весов ряда элементов, при вычислении которых за единицу массы принял массу атома водорода, опубликованную в 1805 г. Эта работа имела скорее принципиальное значение, поскольку во многих случаях Д. Дальтон, не имея представлений о валентности, исходил из неправильных формул веществ (для воды в современных символах HO , аммиака NH и т.п.), поэтому в ряде случаев величины его атомных весов отвечали эквивалентным массам.

Он же открыл закон парциальных давлений газов (1801), согласно которому полное давление смеси нескольких химически не взаимодействующих газов при постоянной температуре равно сумме парциальных давлений каждого из газов, за год до Гей-Люссака - закон расширения газов при постоянном давлении, пропорционального температуре (1802), закон о том, что концентрация в жидкости каждого из газов газовой смеси пропорциональна его парциальному давлению. На основании теоретических соображений, опирающихся на атомную гипотезу строения веществ (молскул как мельчайших частиц, состоящих из

атомов он не признавал) пришел к установлению закона постоянных кратных отношений атомов в соединениях.

Жозеф Луи Гей-Люссак (1778-1850, в 1826 г. в его честь назван минерал гейлюссит) - профессор химии Политехнической школы и профессор физики Парижского университета (с 1809), также профессор химии в Парижском ботаническом саду, член Парижской Академии наук (1806), иностранный почетный член Петербургской Академии наук (1830). Установил, что изменение объема данной массы газа при постоянном давлении прямо пропорционально температуре (1-ый закон Гей-Люссака), открыл закон простых объемных отношений взаимодействующих газов (2-ой закон Гей-Люссака), явившийся основой для развития количественных представлений атомно-молекулярной теории. В этом особая заслуга принадлежит итальянскому физику Амадео Авогадро (1776-1856; в 1926 г. в его честь назван минерал авогадрит), выдвинувшему гипотезу о том, что равные объемы газов содержат одинаковое число молекул (1811)^{***}, строго разграничившему понятие молекулы и атома. Окончательно объединил 2-ой закон Гей-Люссака с гипотезой А. Авогадро итальянский химик Станислао Канниццаро (1826-1910; в 1925 г. в его честь назван минерал канниццарит), утвердивший атомно-молекулярную теорию в сознании химиков своими успешными выступлениями на 1-ом Международном химическом конгрессе в 1860 г. в Карсруэ^{****}, отстаивавший также единство атомных масс для органических и неорганических веществ.

* С 1789 по 1793 г. при Парижском ботаническом саду существовал Музей естественной истории для исследований по минералогии, ботанике, зоологии, химии, сельскому хозяйству. В настоящее время это Музей Естественной истории с превосходной коллекцией минералов, включающей коллекции многих известных химиков и минералогов (Гаюи, Вокелена и др.), коллекцию гигантских кристаллов.

** Ж. Л. Гей-Люссаку принадлежит заслуга введения в практику объемного анализа, разработанного для определения содержания Ag в растворе путем титрования его раствором NaCl и определения содержания кислот. Он совместно с Луи Жаком Тенаром (1777-1857; в 1826 г. в его честь назван тенардит) доказал, что металлы не являются соединениями с водородом, как это считалось на основании того, что при взаимодействии металлов с кислотами выделяется водород, а что это элементарные вещества. Они же доказали, что S и P не соединения с O, а элементарные вещества; доказали существование бескислородных кислот - HCl, H₂S, H₂. Открыли В, полученный ими в результате реакции K с B₂O₃ при нагревании. Доказали, что Cl не оксид "мурья", а элементарное вещество. Совместно с Н. Клемаином и Ш. Б. Дезормом доказал, что вещество, выделенное Б. Куртуа из золь морских растений, является новым элементом, названным йодом. Ж. Л. Гей-Люссаку же принадлежат первые работы по синтезу минералов, изобретение ареометра для измерения плотности жидкости и много других заслуг в неорганической и органической химии

*** Закон Авогадро вошел в золотой фонд современной науки; число Авогадро является фундаментальной величиной, входящей во множество математических выражений законов естествознания.

**** Опираясь на законы Гей-Люссака и Авогадро, С. Канниццаро обосновал необходимость изменения атомных масс ряда элементов (Cu, Zn, Hg, Sn и др.). Он же

Очень большое значение для химии, минералогии и появившейся в XX в. кристаллохимии имеет явление изоморфизма, открытое в 1821 г. химиком и минералогом-кристаллографом Эйльгардом Митчерлихом (1794-1863; в 1925 г. в его честь назван минерал митчерлихит). Ученик химика-неорганика из Геттингена Ф. М. Штромейера (1776-1835; в 1832 г. в его честь назван минерал штромейерит) и Й. Я. Берцелиуса он был одним из первых профессоров химии Берлинского университета, возглавлял там кафедру (1822-1863).

В 1821 г. Э. Митчерлих следующим образом определял суть открытого им изоморфизма: *"Некоторые различные элементы, соединенные с одинаковым числом одного или нескольких элементов, порождают одинаковую кристаллическую форму. Вообще химические элементы с этой точки зрения могут классифицироваться по группам. Элементы, принадлежащие к одной и той же группе я назову изоморфными..."* (по [24], с.70). Таким образом, современным эквивалентом этому термину являются изотипные (изоструктурные) вещества, группы элементов, образующих изотипные (изоструктурные) соединения. Речи о взаимном замещении элементов, как это подразумевается в настоящее время под изоморфными элементами, строго говоря в определении Э. Митчерлиха нет. Явления изоморфизма он установил изучая кристаллы различных минералов и кристаллы веществ, выращенных из водных растворов. Из минералов им были изучены кальцит, сидерит, родохрозит, магнезит (к этой же изоморфной группе он причислял и доломит), барит, целестин, англезит и др., из выращенных кристаллов - кристаллы средних и кислых фосфатов Na, K, NH^+ и Pb, двойных карбонатов K, Na и NH_4 , Na, сульфатов Cu и Mn^{2+} , Ni и Fe^{2+} , Co и Mn^{2+} , Zn и Mg и др.

Установленный им закон соотношения между химическим составом и кристаллической формой Э. Митчерлих выражал следующим образом: *"Одинаковое число атомов, соединенных одинаковым образом, порождает одинаковую кристаллическую форму"* (по [24], с. 70). Это он подтвердил многочисленными наблюдениями над изоморфными (изоструктурными) веществами и на различных кристаллогидратах. Относительно последних он отмечал, что соли с одинаковой формой кристаллов содержат одинаковое количество кристаллизационной воды, с разной формой - разное.

Опираясь на этот закон, Э. Митчерлих установил строение (формулу) многих веществ, например, селената калия, изоморфного K_2SO_4 , откуда сделал вывод об изоморфизме H_2SO_4 и

привлек для решения этого вопроса данные о разной валентности элементов, правильно понял диссоциацию молекул газа при повышении температуры. Ввел термин гидроксильная группа для OH^- -иона.

H_2SeO_4 , K_2MnO_4 (изоморфен K_2SO_4), $KMnO_4$ (изоморфен $KClO_4$) и ряда других веществ.

Изучая изоморфные соединения получил кристаллизацией из водных растворов ряды смешанных кристаллов (кислые фосфаты K и NH^+ сульфаты Cu и Fe^{2+} и др.). Способность образовывать смешанные кристаллы принималась им как доказательство изоморфности соответствующих веществ.

Другим крупным открытием Э. Митчерлиха было установление диморфизма ряда веществ. Среди минералов он изучал пирит и марказит, кальцит и арагонит, самородную серу и серу, полученную кристаллизацией из расплава и растворов. Й. Я. Берцелиус показал, что для некоторых веществ известно больше двух различных форм и предложил для этого явления термин полиморфизм.

Э. Митчерлих обратил внимание на различие в величинах граничных углов, получаемых им при измерениях, выполняемых утром и днём, что навело его на мысль изменения их от температуры. Изучение этого явления привело к открытию изотропии термического расширения, установления на кальците случая, когда при увеличении температуры расширение происходит в одном направлении (по главной оси кристалла), тогда как в перпендикулярном направлении происходит сжатие кристалла. Он впервые установил изменение граничных углов кристаллов от температуры.

Все эти исследования опирались на измерения кристаллов, выполненные на однокружном отражательном гониометре У. Волластона, усовершенствованном Э. Митчерлихом, введшим дополнительно оптическую зрительную трубку и 4 верньера, что резко повысило точность измерений (до 1/10 минуты); в работе по измерению кристаллов большую помощь оказал ему молодой минералог Г. Розе (см. ниже).

Э. Митчерлиху принадлежит также заслуга кристаллизации совместно с Бертолле диопсида, везувиана, пироксенов, и многих других минералов из силикатного расплава. Он интересовался вулканическими минералами и многократно проводил лето в геолого-минералогических исследованиях в районе Эйфеля - плато с отдельными вулканическими куполами в Сланцевых горах к северу р. Мозель, Германия, что привело к построению оригинальной теории вулканизма, не нашедшей, однако, отклика и своего развития у других ученых.

Важнейшее значение для развития химии, физики, минералогии и смежных наук имело открытие в 1869 г. Дмитрием Ивановичем Менделеевым (1834-1907; в 1914 г. в его честь назван минерал менделеевит, оказавшийся кальциевым бетафитом - сод. CaO до 14%) фундаментального закона природы - Периодического закона, получившего всеобщее признание в середине 80-х годов XIX в., после открытия предсказанных Д. И.

Менделеевым трех новых элементов - Ga, Sc, Ge. Периодический закон с тех пор стал руководящим законом химии, физики, минералогии, геохимии, на который и в настоящее время опираются основные положения химии и трактовка многих частных закономерностей; он лежит в основе всех современных учебников химии, химической систематики вещества в том числе минералов.

Д. И. Менделеев до открытия этого закона по его словам около 20 лет был занят исследованиями, приведшими в конечном счете к его открытию. Не малую роль, очевидно, в этом сыграли и его первые научные работы по анализу ортита и пироксена из Финляндии (1854, 1856 гг.), требовавшие выявления элементов, входящих в одну группу аналогов, без чего невозможен пересчет анализов этих минералов на формулу. С другой стороны большое значение в развитии этих взглядов имела для Д. И. Менделеева его диссертация "Изоморфизм в связи с другими отношениями кристаллических форм к составу" (1855-1856 гг.), опиравшаяся, в первую очередь, на работы Э. Митчерлиха, оценивая значение которых Д. И. Менделеев в указанной диссертации писал: *"Труды Митчерлиха привели в одно стройное целое всю общность сведений о согласии кристаллической формы и химического состава"* (по [24], с. 71).

Наконец, существенным стимулом к открытию закона, послужила необходимость систематизации химических знаний для читавшегося Д. И. Менделеевым в Петербургском университете курса общей химии. Именно в первом издании "Основ химии" не только приводится изложение открытого Д. И. Менделеевым закона, но и вся структура курса строго подчиняется ему. Это было огромным шагом вперед по сравнению с широко использовавшимся в то время учебником химии Г. И. Гесса, вышедшим примерно за 20 лет до "Основ химии" и существенно к тому времени устаревшим. "Основы химии" Менделеева выдержали 8 изданий и последнее вышло в 1907 г. Их появление в основном определило взгляды химиков не только России, но и за рубежом, на главнейшие химические законы, поставило совершенно на новую ступень саму химию как науку. Важно при этом, что с момента открытия Периодического закона вплоть до последнего издания "Основ химии", т.е. почти 40 лет Д. И. Менделеев продолжал работать над усовершенствованием его табличной формы выражения, над раскрытием всё новых и новых его сторон, важных не только для систематики химических знаний, но и для прогноза новых элементов, новых веществ, их свойств, разработки новых технологий.

Следующим триумфальным шагом на пути укрепления Периодического закона явились работы физиков XX в. по тактовке оптических и рентгеновских спектров излучения элементов, завершившиеся разработкой квантово-механической теории

атомов. Одновременно с этим происходило открытие новых элементов, заполнявших "белые клетки" таблиц, отражающих Периодический закон, разработка многочисленных их вариантов, в том числе новейших, учитывающих последние данные по орбитальным радиусам атомов и ионов, их силовым характеристикам.

Следует отметить, что помимо Периодического закона Д. И. Менделеев открыл "температуру абсолютного кипения жидкости", получившую название критической температуры, данное Т. Эндрюсом 10 лет спустя после открытия Д. И. Менделеева. Кроме того Д. И. Менделееву принадлежит много основополагающих работ в других областях химии, химико-перерабатывающей промышленности и многих иных направлениях. Подводя итоги творчества Д. И. Менделеева, Н. А. Фигуровский [18] писал: *"В течение 50 лет научной и педагогической деятельности Менделеевым была выполнена гигантская работа, отразившая собой целую эпоху в научном и промышленном развитии России. Открытый им периодический закон ознаменовал новую эру в развитии химии и физики"* (с. 377).

В середине XIX в. трудами Эдуарда Франкланда (1825-1899), Германа Кольбе (1818-1884) и других химиков закладываются основы учения о валентности, эквивалентах, а в последней четверти XIX в. создаются основы химической термодинамики и учения о химическом равновесии, играющие в настоящее время главную роль в представлениях о генезисе минералов и горных пород. Здесь особо надо отметить работу профессора математики и физики Йельского университета Дж. В. Гиббса (1839-1903) "О равновесии гетерогенных веществ" (1875 г.), в которой он изложил правило фаз. В 1876 г. он же для изображения тройной системы предложил треугольные диаграммы. В дальнейшем развитие этого направления в XIX в. существенная роль принадлежит Я. Г. Вант-Гоффу и А. Л. Лешателье.

Якоб Гендрик Вант-Гофф (1852-1911; в 1902 г. в его честь назван минерал вантгоффит) - доцент ветеринарной школы в Утрехте (с 1876 г.); профессор химии, минералогии и геологии в Амстердамском университете (с 1878 г.), профессор Берлинского университета (с 1896 г.), член 52-х различных академий и обществ, в том числе Прусской академии наук (1896 г.), иностранный член-корреспондент Петербургской Академии наук (1895). В берлинский период своей работы исследовал парагенетические ассоциации минералов Стассфуртского месторождения, изучал особенности их кристаллизации из многокомпонентных водных растворов. Это дало возможность выяснить последовательность выделения отдельных минералов, закономерности их ассоциаций, определить температуру образования месторождения, разработать оптимальные условия переработки соляных отложений. Эти

работы Я. Г. Вант-Гоффа явились первыми работами по генетической минералогии с широким использованием основ физической химии и до сих пор не утратили своего значения.

Я. Г. Вант-Гоффу принадлежит и множество других основополагающих работ по химии. Из них особо выделяются работы по стереохимии соединений углерода, в которых обоснована тетраэдрическая его координация, развиты представления об одинарной, двойной и тройной связи, изомерии. Таким образом, Я. Г. Вант-Гофф является одним из основоположников стереохимии. За открытие законов химической кинетики, основоположником которой является Я. Г. Вант-Гофф, и осмотического давления Я. Г. Вант-Гофф в 1901 г. получил первую Нобелевскую премию по химии.

Анри Луи Ле-Шателье (1850-1936; в 1915 г. в его честь лешательеритом названо природное кварцевое стекло, образующееся при ударе метеорита) - первоначально горный инженер в Алжире, затем профессор Высшей горной школы в Париже (1877- 1919), Колеж де Франс (1898-1907), Парижского университета (1907-1925), член Парижской Академии наук (1907), почетный член Академии наук СССР (1927). Наибольшее значение, в том числе для понимания направления природных реакций минералообразования, имеет так называемый принцип Ле-Шателье, который он сам формулировал следующим образом: *"Изменение любого фактора, могущего влиять на состояние химического равновесия системы веществ, вызывает в ней реакцию, стремящуюся противодействовать производимому изменению. Повышение температуры вызывает реакцию, стремящуюся понизить температуру, то есть идущую с поглощением тепла. Увеличение давления вызывает реакцию, стремящуюся вызвать уменьшение давления, то есть сопровождающуюся уменьшением объема..."* (по [19], с. 274). А. Л. Ле-Шателье принадлежит заслуга конструирования металлографического микроскопа и проведения первых металлографических исследований, изготовление пирометра с Pt-Pt, Rh-термопарой, исследование процессов твердения цементов. Он установил механизм процесса закалки стали, объяснил роль Mn при удалении примесей P из чугуна и много других важных для металлургии явлений. Среди многочисленных его публикаций имеется и книга "Кремнезём и силикаты" (1914).

Очень большую роль в исследовании минералов, их диагностики имели открытия физиков по поляризации света, использование их в конструировании приборов для изучения оптических свойств кристаллических веществ. Это стало возможным после открытия в 1810 г. Э. Л. Малюсом (1775-1812) поляризации света, оптически двуосных кристаллов, подтвердившим изотропность кристаллов в форме кубов и октаэдров. Э. Л. Малюс сконструировал первый полярископ,

включавший два зеркальных стекла или зеркальное стекло и пластинку кальцита. Вслед за этим англичанин Т. Юнг (1773-1829) и француз О. Ж. Френель (1788-1827) разработали теоретические основы поляризации света и всех связанных с этим явлений.

После открытия в 1813 г. Т. Зеебеком и в 1814 г. Ж. Б. Био различной прозрачности кристаллов турмалина для обыкновенного и необыкновенного лучей был создан полярископ - "турмалиновые щипцы", состоящие из двух вращающихся относительно друг друга турмалиновых пластин. В 1828 г. У. Николь (~1768- 1851) - лектор по естественной истории Эдинбургского университета, изобрел призму Николя; он же стал готовить шлифы - препараты для исследования с помощью этих призм. В 1834-1836 гг. английский изобретатель У. Г. Ф. Тальбот (1800-1877) создал первый поляризационный микроскоп с двумя призмами Николя.

Большой вклад в развитие общих основ естествознания, химии, физики, исследования минералов внесли и многочисленные другие исследователи, работавшие в смежных с минералогией областях, имена которых, как правило, закреплены в названиях минералов (табл. 5).

В XIX в. резко увеличивается число собственно минералогических исследований. Из многочисленных ученых-минералогов заслуживают упоминания, прежде всего, Ф. Моос, Х. С. Вейс, Г. Розе, И. Ф. А. Брейтгаупт, К. Ф. Раммельсберг, Д. Д. Дэна, Н. И. Кокшаров, П. В. Еремеев, В. И. Вернадский.

Ф. Моос (1773-1839) - заведующий кафедрой минералогии Фрейбергской горной академии (с 1818), на которой он сменил умершего А. Г. Вернера, профессор минералогии Венского университета (с 1826 г.). В 1812 г. выходят его "Опыты элементарного метода для естественно-исторического распознавания и определения ископаемых тел", в которых Ф. Моос привел новую шкалу твердости минералов. Она оказалась столь удачной, что широко используется до настоящего времени, особенно при определении минералов в полевых условиях; значения твердости по Моосу являются важнейшими константами минералов, указываемые во всех их определителях и справочниках. В 1820 г. появляется его "Характеристика естественной минералогической систематики", в 1822 и 1824 гг. - 2-х томные "Основы минералогии". Систематика Ф. Мооса была очень дробной и включала кроме видов подвиды, разновидности, подразновидности, выделение которых опиралось на второстепенные признаки. Тем не менее классификация Ф. Мооса нашла широкий отклик и была взята за основу Дж. Д. Дэна в первом издании его "Описательной минералогии". Ф. Моос большое внимание уделял количественному определению твердости и плотности, что в значительной мере способствовало

развитию методов диагностики минералов. Одновременно с Х. С. Вейсом пришел к распределению кристаллов по сингониям.

Христиан Самуил Вейс (1780-1856) - заведующий кафедрой минералогии Берлинской горной академии (с 1810 г.) и кафедрой минералогии Берлинского университета (с 1810). Его лекции слушали будущие академики А. Я. Купфер и Н. И. Кокшаров; среди его учеников - Г. Розе, Ф. Нейман. Основное внимание уделял измерению кристаллов, изучению их морфологии, законов кристаллографии. Особое значение придавал осям кристаллов, вокруг которых повторяются отдельные их грани, характеристике кристаллов отношением этих осей, хотя явления симметрии в явном виде не рассматривал. Разработал классификацию кристаллов по 7 сингониям, используемую и в настоящее время, открыл кристаллические формы, различающиеся по видам симметрии, закон зон (поясов), изложенные в работе "О многих новооткрытых кристаллических гранях полевого шпата и теории его кристаллической системы в общем" (1819). Установил явления правизны и левизны кристаллов кварца, описал его двойники с параллельными осями, известные в настоящее время как дофинейские и бразильские; показал, что при двойниковании гемиморфных (полугранных) кристаллов образуются полногранные полиэдры.

Густав Розе (1798-1873; в 1824 г. в его честь назван минерал розелит) - ученик Х. С. Вейса и Й. Я. Берцелиуса, доцент (1823), экстраординарный профессор (1826) Берлинского университета, директор Минералогического музея того же университета (1856). Совместно с Э. Митчерлихом открыл явление изоморфизма, будучи активным помощником последнего в измерении кристаллов. Открыл два крайних члена плагиоклазов - альбит и анортит (1823), исследовал минералы метеоритов (1825). Принимал участие в путешествиях А. Гумбольда (1829) и обобщил результаты экспедиционных наблюдений в "Минералогическо-геогностическом путешествии по Уралу, Алтаю и Каспийскому морю" (1-й том 1837, 2-ой - 1842 гг.), в которых для описываемых минералов привел кристаллографические характеристики - один из первых для минералов из России. Изучая кристаллы кварца, пришел к выводу об их принадлежности к "тетартоэдрическому" подразделению гексагональной системы - к аксиальному (трапезоэдрическому) виду симметрии тригональной системы (32) по современному. Автор монографии "Элементы кристаллографии вместе с обзором минералов по кристаллическим формам" (1838). Исследование пирозлектрических свойств турмалина привело Г. Розе к введению понятия электрической оси с обозначениями, принимаемыми и в настоящее время. Ему принадлежит "Кристаллохимическая систематика минералов" (1852), опирающаяся на разработки Й. Я. Берцелиуса. Касаясь творчества Г. Розе И. И. Шафрановский писал: "В лице Г. Розе мы видим

замечательного кристаллографа-минералога, не ограничивающегося точным описанием минеральных форм, но привлекавшего на помощь развивавшиеся тогда методы аналитической химии и физики. Вместе с тем, оставаясь в пределах самых строго проверенных фактических данных, относящихся к конкретным минералам, Розе осторожно обходил обобщающие теории и гипотетические построения" (по [25]).

Иоганн Фридрих Август Брейтгаупт (1791-1873; в 1840 г. в его честь назван минерал брейтгауптит) - заведующий кафедрой минералогии Фрейбергской горной академии (1826-1866). Был превосходным диагностом минералов по их внешним признакам; открыл около 50 новых минеральных видов, в том числе амблигонит, монацит, энаргит, ярозит, произвел 4500 определений плотности минералов и 3000 измерений углов между ромбоэдрическими плоскостями спайности кальцита, выполнил много химических анализов минералов. Автор 3-х томного "Справочника по минералогии" (1836-1847), монографии "Парагенезис минералов" (1849), в которой не только ввел термин парагенезис, фактически аналогичный по содержанию, введённому за 50 лет до этого термину В. М. Севергина "смежность минералов", но практически создал учение о парагенезисе минералов. Особое внимание обращал также на "ложные кристаллы" - псевдоморфозы выполнения - "псевдоморфные кристаллы" и "метаморфические кристаллы" - псевдоморфозы замещения, дал критерии их отличия от обычных ("истинных") кристаллов.

Карл-Фридрих Раммельсберг (1813-1899; в 1854 г. в его честь назван минерал раммельсбергит) первоначально готовился стать фармацевтом, но затем увлекся химией и минералогией; приват доцент (1840), профессор (1874) Берлинского университета, член Берлинской Академии наук (1855). В основном занимался химическим исследованием минералов. Ему принадлежат "Словарь по химической минералогии" (1841; приложения 1-4, 1843-1849), "Учебник минералогии" (1875), "Учебник кристаллографической химии" (1855, приложение 1857), "Введение в химический количественный анализ" (4 изд., 1866), "Введение в качественный химический анализ" (7 изд., 1885), "Учебник по химической металлургии" (2 изд., 1865), "Основы химии" (5 изд., 1882) и другие.

Джеймс Дуайт Дэна (1813-1895; в его честь в 1866 г. назван минерал даналит) - минералог и геолог Йельского университета, США. Автор "Системы минералогии", в которой описаны все известные минералы, насчитывающей 6 прижизненных изданий (1837-1892) и изданной в существенно переработанном виде 50 лет спустя 7-м изданием (1944; имеется русский перевод в 4-х книгах). "Система минералогии" Дж. Д. Дэна отличалась не только кратким и достаточно исчерпывающим

Таблица 5

Список минералов, названных в честь крупных естествоиспытателей, химиков, физиков и кристаллографов XIX и XX в.

Минерал (дата его наименования)	В честь кого назван
1	2
XIX век	
Естествоиспытатели и натуралисты	
Гётит (1806)	Иоганна Волфганга Гёте (1749-1832) – немецкого поэта, натуралиста и философа. В 1830 г. писал русскому министру финансов Е. Ф. Канкрину: “Уже 60 лет , как преданный естествознанию и особенно геологии и минералогии, я собираю всё, что значительно”. Он имел превосходную коллекцию минералов, хорошо владел паяльной трубкой, методам работы с которой по изучению минералов был обучен Й. Я. Берцелиусом, открыл закон двойникования полевых шпатов.
Давреуксит (1878)	Шарля Жозефа Давре (1800-1863) – бельгийского фармацевта и естествоиспытателя, внесшего большой вклад в минералогию, геологию и химию.
Левин (1825)	Арманда Леви (1794-1841) – французского математика и естествоиспытателя.
Сорбиит (1967)	Генри Клифтон Сорби (1826-1908) – английского естествоиспытателя, основоположника металлографии, изучавшего включения мелких зерен в минералах (1858), первым применившего микроскоп с поляризационным устройством.
Физики, математики	
Бедантит (1826)	Франсуа Сольписиса Беданта (1787-1850) – французского физика-минералога, изучавшего зависимость внешней формы кристаллов от условий кристаллизации – атмосферного давления, влажности воздуха, теплоты, концентрации, объема раствора, электротока; обнаружившего большое влияние на морфологию кристаллов примесей; получившего смешанные кристаллы сульфатов Zn и Fe ²⁺ .
Вольтаит (1841)	Александра Джузеппе Антонио Вольта (1745-1827) – выдающегося итальянского физика и физиолога, профессора Павийского ун-та, одного из основателей учения об электричестве;

1	2
Гершелит (1825)	создавшего первый гальванический элемент и первую гальваническую батарею. Джона Фредерика Уильяма Гершеля (1792-1871) – английского физика, установившего зависимость угла оптических осей от длины волны света и взаимосвязь вращения плоскости поляризации с внешним ограничением кристалла.
Клифтонит (1887)	Роберта Белами Клиффорда (1836-1921) – физика из Оксфорда, Англия.
Котунит (1825)	Доменико Котунья – Котунниуса (1736-1822) – физика и анатома из Неаполитанского ун-та, Италия.
Кричтонит (1976)	Александра Кричтона (1763-1856) – шотландского физика и коллекционера минералов.
Лорандит (1894)	Этвёса Лоранда (1848-1919) – физика из Будапешта, Венгрия.
Роуландит-У (1891)	Генри Августа Роуленда (1848-1901) – физика университета Джона Гопкинса, Балтимора, США.
Стокезит (1899)	Джона Габриела Стокса (1819-1903) – математика и физика Кембриджского университета, Англия
Таленит (1898)	Тобиаса Роберта Талена (1827-1905) – шведского физика.
Цейнерит (1872)	Густава Анри Цейнера (1828-1907) – физика, директора Горной школы во Фрейберге.
Фергусонит (1826)	Роберта Фергусона (1799-1865) – шотландского физика.
Шёнфлисцит (1971)	Артура Моритую Шёнфлиса (1853-1928) – немецкого математика, который вывел независимо от Е. С. Федорова пространственные группы кристаллов (230), опубликовал монографию “Система кристаллов и кристаллическая структура” (1891).
Химики	
Арфведсонит (1823)	Йохана Августа Арфведсона (1792-1841) – шведского химика, открывшего Li в анализировавшемся им петалите (1817); позже обнаруживший Li в сподумене.
Бишофит (1877)	Густава Бишофа (1792-1870) – немецкого химика и геолога, автора двухтомного “Учебника химической и физической геологии”.

1	2
Велерит (1843)	Фридриха Велера (1800-1882) – профессора химии из Геттингена, Германия, ученика Й. Я. Берцелиуса, получившего Al, Be, P, кристаллические B, и Si.
Вюртцит (1861)	Шарля Адольфа Вюртца (1817-1884) – французского профессора химии.
Говлит – хаудит (1868)	Генри Хау (1828-1879) – химика Королевского колледжа, Виндзор, Новая Шотландия, Канада, первым сообщившим об этом минерале.
Гопейт (1822)	Томаса Чарльза Хопа (1766-1844) – шотландского химика из Эдинбургского университета.
Горсфордит (1888)	Эбена Нортон Хорсфорда (1818-1893) – американского химика из Гарвардского университета.
Грюнерит (1863)	Луи Эмануэля Грюнера (1809-1883) – французского химика из Сент-Этьена, первым проанализировавшего минерал.
Давин (1825)	Хамфри Дэви (1778-1829) – английского химика, выделившего ряд металлов и доказавшего, что алмаз – это углерод.
Девиллин (1864)	Генри Этьена Сент Клер Девиля (1818-1881) - французского химика.
Дитрихит (1878)	Г. В. Дитриха – химика из Пршибрама, проанализировавшего минерал.
Джарлеит (1963)	С. Джарля – американского химика, синтезировавшего соединение до того, как оно было найдено в виде минерала.
Кеттигит (1850)	Отго Кеттига (1824 -?) – химика из Шнееберга, Саксония.
Клодедит (1868)	Фредерика Клоде - французского химика, первым охарактеризовавшего минерал.
Кремерзит (1853)	Петера Кремерса (1827 - ?) – немецкого химика.
Круксит (1866)	Виллиама Крукса (1832-1919) –английского химика и физика, открывшего Tl, содержащийся в этом минерале.
Кукейт (1866)	Джосиана П. Кука, мл. (1827-1894) – химика и минералог Гарвардского университета, США.
Лангбейнит (1891)	А. Лангбейна – немецкого химика из Леопольдшала.

1	2
Лаурит (1866)	Лауры Р. Джой (1823-1891) – химика из Колумбийского университета, Нью-Йорк, США
Лёвеит (1847)	Александра Лёве (1808-1847) – немецкого химика.
Либигит (1848)	Юстуса фон Либиха (1803-1873) - немецкого химика, создавшего первые научные химические лаборатории в Европе.
Линдакерит (1853)	Джозефа Линдакера – австрийского химика, первым выполнившего анализ этого минерала
Лоуренсит (1877)	Джона Лоуренса Смита (1818-1883) - американского химика-минералога, исследователя метеоритов.
Людвигит (1874)	Эрнста Людвига (1842-1915) – химика из Венского университета, Австрия.
Морит (1964)	Карла Фридриха Мора (1806-1879) - немецкого химика-аналитика; искусственное соединение того же состава, что и минерал, известно под названием соли Мора.
Муреит (1928)	Гидсона Е. Мура (1842-1895) – американского химика, первого исследователя минералов Франклина, шт. Нью-Джерси, США.
Окениит (1828)	Лоренца Окена (1799-1851) – немецкого профессора химии в Йене, Мюнхене и Цюрихе, одного из инициаторов объединения немецких естествоиспытателей и врачей.
Пирсеит (1896)	Ричарда Пирса (1837-1927) – химика и металлурга из Денвера, Колорадо, США.
Раммельсбергит (1854)	Карла Фридриха Раммельсберга (1813-1899) - немецкого химика-минералога, автора “Справочника по химической минералогии” (1841-1853; 1860-1886).
Роскоэлит (1876)	Генри Энфилда Роско (1833-1915) – химика из Манчестера, Англия, первым выделившего чистый V.
Сенармонтит (1851)	Генри Юро де Сенармона (1808-1862) – физико-химика, экспериментатора из Горной школы в Париже, впервые описавшего минерал.
Силлиманит (1824)	Бенжамина Силлимена (1779-1864) – американского химика и геолога.
Смитсонит (1832)	Джеймса Смитсона (1765-1829) – английского химика и минералога, изучившего состав цеолитов, сурика. Завещал капитал племяннику, оговорив, что если тот умрёт бездетным, капитал перейдет на основании Смитсоновского института в США, что и произошло в 1846 г.

1	2
Сперрит (1889)	Франсиса Луи Сперри (? – 1906) – химика из Седбери, Канада, первым нашедшим минерал.
Тенгерит-(Y) (1868)	К. Тенгера – шведского химика, первым исследовавшего минерал.
Тешемахерит (1868)	Фредерика Эдварда Тешемахера (1791-1863) - английского химика, первым описавшего минерал.
Тиманнит (1855)	Иоганна Карла Вильгельма Фердинанда Тиманна (1848-1899) – химика из Берлина, Германия, открывшего минерал.
Томсенолит (1868)	Ханса Петера Йоргена Юлиуса Томсена (1826-1909) – датского физико-химика, основателя Гренландской криолитовой промышленности, первым обнаружившим минерал.
Томсонит (1820)	Томаса Томсона (1773-1852) – шотландского химика, описавшего много минералов в “Очерках по минералогии” (1836) и работах по химии.
Торрейит (1949)	Джона Торри (1796-1873) – химика и естествоиспытателя, изучавшего в 1822 г. минералы Франклина, Нью-Джерси, США.
Троллит (1868)	Ханса Габриеля Тролле- Вахтмейстера (1782-1871) шведского химика.
Улексит (1850)	Георга Улекса (1811-1883) – немецкого химика, открывшего минерал.
Ульманит (1843)	Иоганна Кристофа Ульманна (1771-1821) – химика и минералога из Гессена, Германия, открывшего минерал.
Уэллсит (1897)	Хораса Лемузла Уэллса (1855-1924) – химика из Йельского университета, США.
Фриделит (1876)	Шарля Фриделя (1832-1899) – французского химика и минералога.
Фрицшеит (1865)	Карла Юлиуса Фрицше (1808-1871) - немецкого химика.
Чёрчит (1865)	Артура Герберта Чёрча (1834-1915) - английского химика.
Штромейерит (1832)	Фридриха Штромейера (1776-1835) – химика из Геттингена, Германия, выполнившего первый анализ минерала.

Кристаллографы

1	2
Гаусманит (1827)	Йоганна Ф. Л. Гаусмана (1782-1859) – немецкого кристаллографа и минералога, разработавшего систему кристаллографии, основанную на сферической тригонометрии.
Делафоссит (1873)	Габриеля Делафосса (1796-1878) - французского минералога и кристаллографа, заведующего кафедрой минералогии в “Нормальной школе” в Париже (с 1841), унаследованной от Бедана, заведующего кафедрой минералогии Национального музея естественной истории (с 1857), занимавшейся ранее Гаюи, а затем А. Броньяром. Ввел понятие кристаллической решетки, ”интегрирующие молекулы” Гаюи представлял как многогранники, в вершинах которых находятся молекулы вещества.
Дюфренит (1833)	Пьера Армена П. Дюффрено (1792-1857) – французского минералога и геолога, введшего новую систему классификации минералов на кристаллографической основе; автора 4-х томного ”Трактата по минералогии” (1847).
Науманнит (1845)	Карла Фридриха Науманна (1797-1873) – немецкого кристаллографа и минералога.
Ретгерсит (1948)	Яна Виллена Ретгерса (1856-1896) – голландского кристаллохимика.
XXвек	
Физики	
Боровскит (1973)	Игоря Борисовича Боровского – пионера локального рентгеноспектрального микроанализа.
Бюргерит (1966)	Мартина Юлиана Бюргера (1903 г. р.) – американского физика-рентгенокристаллографа.
Вестгрениит (1962)	Арнса Фредрика Вестгрена (1889-1975) - шведского физика-рентгенокристаллографа, получившего искусственное соединение, подобное минералу.
Курчатовит (1966)	Игоря Васильевича Курчатова (1903-1960) – советского физика-атомщика, чьи работы способствовали синтезу трансурановых элементов.
Лангит (1864)	Виктора фон Ланга (1838-1921) - кристаллофизика из Венского университета, Австрия, разработавшего метод рентгенографического изучения реальной структуры кристаллов.
Ландауит (1966)	Льва Давидовича Ландау (1908-1968) – советского физика-теоретика, академика (с 1946 г.), лауреата Нобелевской премии по физике.
Панетит (1967)	Фридриха Адольфа Панета (1887-1958) – директора Института Макса Планка, Майнц, Германия, внесшего большой вклад в изучение метеоритов.

Физико-химики

1	2
Бредигит (1948)	Макса А. Бредига (1902 г. р.) – американского физико-химика, изучавшего полиморфизм силикатов кальция.
Козсит (1954)	Лоринга Козса, мл. (1915 г. р.) – физико-химика из Нортот компани, Вустер, Массачузетс, США, первым синтезировавшего минерал.
Кристит (1977)	Чарлза Лиуза Криста (1916 г. р.) – физико-химика из Геологической службы США.
Куллерудит (1964)	Гуннара Куллеруда (1921 г. р.) – физико-химика Геофизической лаборатории Института Карнеги в Вашингтоне, затем геохимика университета Пурдю, Индиана, США, занимавшегося физико-химическим изучением сульфидных систем.
Липскомбит (1953)	Виллиама Нонна Липскомба, мл. (1919 г.р.) - физико-химика и кристаллографа Гарвардского университета, США, лауреата Нобелевской премии.
Мейергофферит (1914)	Вильгельма Мейергоффера (1864-1906) – немецкого химика, синтезировавшего минерал.
Муассанит (1905)	Анри Фердинанда Ф. Генри Муассана (1852-1907) – конструктора электропечи для синтеза карбидов, оксидов, силицидов и боридов, зав. кафедрой Парижского университета, открывшего минерал, лауреата Нобелевской премии по химии 1906 г.
Ранкинит (1942)	Джорджа Этвотера Ранкина (1884- ?) – физико-химика Геофизической лаборатории Института Карнеги, Вашингтон, США, первым синтезировавшего этот минерал.
Рустумит (1965)	Рустема Роя (1924 г. р.) – физико-химика, занимавшегося синтезом и выращиванием монокристаллов в Пенсильванском университете, США.
Стишовит (1962)	Сергея Михайловича Стишова (1935 г. р.) – физико-химика, синтезировавшего стишовит в Институте физики высоких давлений АН СССР; ныне сотрудника Института кристаллографии АН СССР.
Странскиит (1960)	Ивана М. Странского (1897 г. р.) – физика и химика из Берлина.
Файткнехтит (1965)	Вальтера Файткнехта (1899 г. р.)- химика Бернского университета, Швейцария, первым синтезировавшего минерал.
Хейровскит (1971)	Ярослава Хейровски (1890-1967) – чешского физико-химика, изобретателя дериватографа, лауреата Нобелевской премии по химии.

1	2
Хлопинит (1933)	Виталия Григорьевича Хлопина (1890-1950) – ученика Л. А. Чугаева и В. И. Вернадского, химика-аналитика, радиохимика, геохимика, химика геохимической лаборатории Геологического и минералогического музея АН СССР (1915-1921), зав. радиевой лабораторией АН СССР (1921-1922), зам. директора (1922-1939), директора (1939-1950) радиевого института АН СССР; академика (с 1939) АН СССР.
Шайрерит (1931)	Джона Франка Шайрера (1904-1970) – физико-химика Геофизической лаборатории Института Карнеги в Вашингтоне, США.
Юриит (1965)	Харолда Клейтона Юри (1893 г. р.) – американского химика, лауреата Нобелевской премии.
Химики, в том числе химики-аналитики	
Борнеманит (1976) Иринит (1954)	Ирины Дмитриевны Борнеман-Старынкевич (1890-1988) – химика-аналитика Минералогического музея АН СССР, Института геологических наук, зав. химико-аналитической лабораторией Института геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии АН СССР (с 1949 г.) – проанализировавшей много сложных цирконо- и титаносиликатов, танталониобатов и других минералов.
Гониерит (1955)	Фореста А. Гонье – химика-аналитика Гарвардского университета, США.
Гримальдит (1967)	Франка Саверио Гримальди (1915 г.р.) – химика из Геологической службы, США.
Густавит (1970)	Густава Адольфа Хагемана (1842-1926) – инженера-химика Криолитового завода в Гренландии.
Дависонит (1930)	Джона Месона Дейвисона (1840-1915) – химика-минералога из Рочестерского университета, США, изучавшего метеориты.
Дансит (1958)	Жана Д'Анса (1881 г.р.) – профессора химии в Берлине.
Диккит (1930)	Аллана Бруха Дикка (1833-1926) – шотландского химика-металлурга.
Иордизит (1909)	Эдуарда Фридриха Александер Иордиза (1868-1917) – американского химика по коллоидам.
Казаковит (1975)	Марии Ефимовны Казаковой – химика-аналитика Института геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии, а затем Института минералогии и кристаллохимии редких элементов АН СССР.
Ливейнгит (1901)	Джорджа Д. Ливейнга (1827-1924) – химика из Кембриджского университета, Англия.
Линдстрёмит (1924)	Густафа Линдстрёма (1838-1916) – шведского химика, аналитика минералов.

1	2
Локкаит (1971)	Лаури Локка – химика Геологической службы Финляндии.
Манассеит (1940)	Эрнесто Манассе (1875-1922) – химика, минералога и петрографа из университета Флоренции, Италия.
Нагельшмидтит (1941)	Гюнтера Нагельшмидта – химика, жившего в Англии.
Назинит (1961)	Рафаэлло Назини (1854-1931) – итальянского химика.
Парвелит (1967)	Александра Парвела – химика из Шведского музея естествознания, проанализировавшего этот минерал.
Сборджит (1957)	Умберто Сборджи (1883-1955) – итальянского химика.
Типлеит (1938)	Джона Этгара Типла (1874-1931) – американского химика, изучавшего химизм озера Сёрлс, Калифорния, США.
Хеггит (1958)	Гуннара Хегга (1903 г.р.) – химика из Стокгольмского университета, Швеция.
Хумберстонит (1967)	Джемса Томаса Хумберстона (1850-1939) – химика, изучавшего чилийские нитратные месторождения.
Шервудит (1958)	Александера М. Шервуда (1888 г.р.) – химика-аналитика Геологической службы США.
Шодерит (1960)	Уиллиама Пауля Шодера (1900 г.р.) – химика Юнион Карбайд Нуклеар Компани, США.
Штейгерит (1935)	Джорджа Штейгера (1869-1944) – химика Геологической службы США.
Кристаллографы	
Годкенит (1975)	Виргила Лайнуса Годкена (1940 г.р.) – химика и кристаллографа Чикагского университета, США.
Доннейит (1979)	Джозефа Дезайра Хуберта Доннейя (1902 г.р.) и его жены Габриэллы (Хамбургер) Донней (1920 г.р.) – кристаллографов и минералогов университета Мак-Гила, Монреаль, Канада.
Земаннит (1969)	Йозефа Земмана (1923 г.р.) – кристаллографа Венского университета, Австрия, внесшего большой вклад в изучение структур соединений теллура.
Лонсдейлит (1967)	Кетлин (Ярдли) Лонсдейл (1903-1971) – английского физика-кристаллографа.
Муттманнит (1911)	Фридриха Вильгельма Муттманна (1861-1931) – химика и кристаллографа из Мюнхена, Германия.
Новацкиит (1965)	Вернера Новацкого (1909 г.р.) – рентгеноструктурщика и минералога Бернского университета,

1	2
	Швейцария.
Окартит (1968)	Раймонда Жана Окарта (1896 г.р.) – кристаллографа Парижского университета, Франция.
Трехманнит (1904)	Чарлза О. Трехманна (1851-1917) – английского кристаллографа.
Унгемахит (1936)	Анри-Леона Унгемаха (1880-1936) – бельгийского кристаллографа.
Хендриксит (1966)	Стерлинга Б. Хендрикса (1902 г.р.) – американского кристаллографа и химика, исследователя слюд.
Эвальдит (1971)	Пауля Петера Эвальда (1888 г.р.) – физика и кристаллографа из Политехнического Института в Нью-Йорке, США.

описанием каждого из минеральных видов, но и удачной их химической систематикой, которой подчиняется большинство книг по минералогии, выходящих в США до настоящего времени. Эта систематика Дж. Д. Дэна разрабатывалась постепенно и достигла своего совершенства в 6-ом издании "Системы", тогда как в 1-ом издании она в основном отвечала систематике, принятой Ф. Моосом. В 6-ом издании [28] все минералы подразделены на 8 больших групп (типов):

- I. Самородные элементы.
- II. Сульфиды, селениды, теллуриды, арсениды, антимониды.
- III. Сульфосоли - сульфоарсениты, сульфоантимониты, сульфовисмутиты.
- IV. Галогениды - хлориды, бромиды, иодиды; фториды.
- V. Оксиды.
- VI. Оксосоли:
 1. Карбонаты..
 2. Силикаты, титанаты.
 3. Ниобаты, танталаты.
 4. Фосфаты, арсенаты, ванадаты; антимонаты.
 Нитраты.
 5. Бораты. Уранаты.
 6. Сульфаты, хроматы, теллулаты.
 7. Вольфраматы, молибдаты.
- VII. Соли органических кислот: оксалаты, меллаты и т.д.
- VIII. Углеводороды.

Таким образом Дж. Д. Дэна в основу объединения минералов в эти крупные таксоны клал тип аниона, учитывая к тому же сходство между элементами, вытекающее из их положения в Периодической системе. Отступлений здесь немного. Так титанаты рассматриваются вслед за силикатами в одном с ними типе (переоценка сходства Si^{4+} и Ti^{4+}), нитраты - вместе с фосфатами, арсенатами, антимонатами (N, P, As, Sb - в одной группе периодической системы, но свойства N как кайносимметрика существенно отличаются от свойств P, As, Sb), уранаты - вместе с боратами (причины такого объединения не ясны). Углеводороды же из большинства современных справочников и учебников минералогии исключены.

Интересна и логика выделения более мелких таксонов. В основе этого лежат уже свойства электроположительных элементов и в особенности соотношения между электроположительными и электроотрицательными элементами, а в случае оксосолей - отношения между основаниями и

ангидридами. В качестве важнейшего признака для оксосолей принималась также принадлежность их к безводным, кислым, основным солям и кристаллогидратам.

"Система минералогии" Дж. Д. Дэна, вышедшая 6-м изданием, представляет большеформатный том в 1134 стр. убористого текста и содержит 1400 иллюстраций. Стереотипное её издание вышло в 1920 г. с тремя приложениями, первое из которых подготовлено Эдвардом Селисбери Дэна - профессором физики и куратором по минералогии Йельского университета (1899 г., 75 с.), второе - Э. С. Дэна и Виллиамом Е. Фордом - доцентом минералогии того же университета (1909 г., 114 с.), третье - В. Е. Фордом (1915 г., 87 с.). Эта книга сыграла огромную роль в развитии минералогии как в США, так и во многих других странах. При её подготовке Дж. Д. Дэна собрал огромный фактический материал по химическому составу, кристаллическим формам, физическим свойствам и наиболее типичным месторождениями минералов (преимущественно американским). Она по существу является энциклопедией минералогических знаний XIX века.

В то же время Дж. Д. Дэна разрабатывал и собственную систематику кристаллов, основанную на формах "эллипсоидальных молекул", расположении их относительно координатных осей. По оценке И. И. Шафрановского *"мы видим в ней нечто вроде прообраза современных формулировок об ориентировке оптических и тепловых эллипсоидов относительно геометрических элементов кристалла. Смутно намечается в ней (ещё не осознанные тогда до конца) понятия о кристаллографических системах (сингониях) и даже будущие формы элементарных ячеек"* (по [24], с. 15).

Николай Иванович Кокшаров (1818-1892; в 1857 г. в его честь назван амфибол кокшаровит = эдениту), адъюнкт (1855), экстраординарный (1865) академик по кристаллографической геогнозии, член 9 иностранных академий и 50 различных обществ, директор Минералогического музея Академии наук (1866-1873), директор Горного Института в Петербурге (1872- 1881), директор, а затем Почетный директор Петербургского минералогического общества (1865-1892). Н. И. Кокшаров с детства собирал минералы (отец работал на Березовских приисках на Урале) и до конца жизни был страстным их коллекционером. В 25 лет (1853 г.) приступает к печатанью "Материалов для минералогии России", составивших 6 томов на русском языке (1852-1872) и вышедших в 11 томах на немецком (1853-1892). В указателе к последнему 11-му тому приведено 400 названий. В "Материалах" Н. И. Кокшаров приводит огромное количество угловых величин и чертежей кристаллов различных минералов с отечественных месторождений, для многих из них он приводит результаты химического анализа. Свою основную задачу в выполнении этого

колоссального труда Н. И. Кокшаров определил следующим образом: *"Мне кажется, что с помощью большого числа (множества) наблюдений и точных измерений можно выяснить много вещей, ещё не выясненных до сих пор, а также получить ключ к пониманию некоторых законов, которым подчиняются взаимоотношения кристаллической формы, химического состава и удельного веса"* (по [5], с. 115). Измерения Н. И. Кокшарова отличались очень высокой точностью, что достигалось благодаря использованию кристаллов наиболее совершенной формы, и вошли в основные минералогические справочники как в России, так и во всём мире. Ему же удалось показать изменения угловых величин кристаллов в рядах изоморфных смесей. Характеризуя этот титанический труд Н. И. Кокшарова Д. П. Григорьев и И. И. Шафрановский писали: *"... он (Н. И. Кокшаров - А.Г.) сумел так широко охватить русские минералы, как это не удавалось сделать ни одному из ученых ни до, ни после него"* (по [5], с. 112).

Кроме "Материалов" Н. И. Кокшаровым были изданы "Лекции минералогии" (1863), пользовавшиеся в свою пору большим успехом*, хотя они посвящены фактически кристаллографии, поскольку Н. И. Кокшаров считал, что *"кристаллы суть настоящие неделимые неорганического мира, а минералогия является "наукой" о неорганических телах природы"* (по [5], с. 116) и оставлял в стороне вопросы парагенезиса и генезиса минералов.

Павел Владимирович Еремеев (1830-1899; в 1883 в его честь назван минерал еремеевит) после окончания Горного института был смотрителем Музея Горного института (1851-1867); профессор института (1866-1896), секретарь (1870), затем директор (с 1892) Петербургского минералогического общества, член-корреспондент (1875), экстраординарный академик (1894) Петербургской Академии наук. В минералогии прямой продолжатель Н. И. Кокшарова, уделявший к тому же большое внимание реальным формам минералов, псевдоморфозам, парагенезису минералов, прекрасный лектор, материалы лекций которого широко использованы Г. Г. Лебедевым в "Учебнике минералогии" (2-е изд., 1907), на котором воспитывались многие поколения отечественных минералогов. Оценивая работу П. В. Еремеева, В. И. Вернадский писал: *"Еремеев вёл наблюдения чрезвычайно добросовестно и точно, давая кристаллографические измерения, микроскопическое описание минералов и морфологию их поверхности. Его наблюдения вполне отвечали требованиям коллективной работы, которая идёт уже второе столетие при разработке описательной минералогии"* (по [5], с. 134).

* Эти лекции были переизданы даже в 1908 г., а в 1865 г. переведены на немецкий язык

Владимир Иванович Вернадский (1863-1945; в 1910 г. в его честь назван вернадскит, оказавшийся идентичным антлериту, в 1944 - минерал вернадит) - по окончании Петербургского университета - хранитель его минералогического кабинета (1885-1888), приват-доцент и хранитель Минералогического кабинета Московского университета, профессор, заведующий кафедрой там же (1890-1911), член-адыюкт по минералогии (1906), экстраординарный академик (1908), академик (1912) Императорской академии наук, заведующий минералогическим отделением геологического музея Академии наук (1906-1914), директор Геологического и Минералогического музея Академии наук (1914), организатор ряда институтов Академии наук, Комиссии по производительным силам России, Украинской Академии наук и многих других учреждений.

В. И. Вернадский, в отличие от большинства предшественников принял точку зрения Й. Я. Берцелиуса на минералогию как на химию земной коры, сделав её отправной для своей трактовки минералогии. Этим объясняется включение в полном соответствии с подходом химиков к объектам химии в число объектов минералогии природных вод и газов. Это позволило В. И. Вернадскому значительно расширить границы исследований и привело к становлению новых наук отдельных их направлений - гидрохимии, геохимии (разделы о природных водах и газах, о миграции и распространённости химических элементов и др.) и многих других, несмотря на то, что к жидким и газообразным природным телам невозможно применение одного из основных признаков минералов - границ раздела с другими минералами (индивидами, фазами). Появление указанных разделов науки, посвященных изучению природных вод и газов, их развитие, позволило в свою очередь ограничить понятие минерала твердым кристаллическим или бывшем в кристаллическом состоянии, телом, как это и принято в минералогии в настоящее время.

В понимании химизма силикатов, их кристаллохимии большую роль сыграл вывод о кислотной роли Al в части из этих минералов, которые в 1891 г. В. И. Вернадский назвал алюмосиликатами. Алюмосиликаты В. И. Вернадский рассматривал в качестве солей алюмокремниевых гетерополикислот, в которых как Al, так и Si, входят в состав анионного радикала. По этому поводу он писал: *"Убедившись опытным путём в неправильности представления о всех силикатах и алюмосиликатах как о кремневых солях, я выделил алюмосиликаты и их аналоги как производные комплексных кремнеглинозёмистых и аналогичных ангидридов"* (по [3], с. 39)*.

* В. И. Вернадский отмечает, что в этих представлениях он позже нашел предшественников - Й. Я. Берцелиуса и финского ученого Бонсдорфа (1828),

Этот вывод был блестяще подтвержден дальнейшими, в том числе рентгеноструктурными исследованиями, и вошел в настоящее время в золотой фонд современных знаний.

В. И. Вернадский, касаясь солей гетерополикислот, отметил также, что Жан Шарль Галиссар де Мариньяк (1817-1894; в 1907 г. в его честь был назван мариньякит = редкоземельному гидропирохлору), а позже американский химик У. Гиббс получили кремневольфрамовые, кремнемолибденовые и т.п. соли. Примерно в это же время шведский химик, и минералог В. Бломстранд (в 1906 г. в его честь назван бломстрандин - Ti крайний член в ряду приорит - бломстрандин) развивал аналогичные взгляды для соединений Ti и Nb, явившись предтечей для современных представлений об окосолях со смешанными (гетерополикислотными) оксорадикалами - титано-, цирконо-, ниобосиликатах.

В самом конце XIX в. появляется "Минералогия" В. И. Вернадского, переизданная в начале XX в., а вслед за ними его многотомная "История минералов земной коры". В них В. И. Вернадский, также как и в своих лекциях по минералогии, которые он начал читать в 1890 г. на Медицинском факультете Московского университета, в отличие от мертвой статической минералогии своих предшественников, стал развивать генетические, динамические представления на минерал, фактически реформировал минералогию. По этому поводу сам В. И. Вернадский писал; *"Я положил в основу широкое изучение минералогических процессов земной коры, обращал основное внимание на процесс, а не только на исследование продукта процесса (минерала), на динамическое изучение процессов, а не только на статическое изучение их продуктов"* (по [3], с. 42). С этих пор во всё большем масштабе сначала в отечественной минералогии, а затем и в минералогиях зарубежных авторов динамический подход к минералам, явлениям минералообразования прочно завоевывает свои позиции и без него современная минералогия немыслима. Не вдаваясь в другие заслуги этого крупнейшего естествоиспытателя конца XIX-середины XX в., отошлём интересующихся к огромной библиографии, появляющейся В. И. Вернадскому, разработке его научного наследия, которое чрезвычайно широко по тематике и привлекает к себе внимание всё большего числа исследователей.

Начиная с середины XIX в. всё больший размах приобретают работы по синтезу минералов, развиваемые преимущественно в Сарбонне (Париж) Г. Ю. де Сенармонтом (1808- 1862; в 1851 г. в его честь назван минерал сенармонтит), А.

Мишель-Леви и Ф. Фуке (1828-1904), в лаборатории которых начинал свои первые исследования В. И. Вернадский.

XIX в. характеризуется стремительным накоплением данных по морфологической кристаллографии. В большой мере этому способствовало изобретение У. Х. Волластоном отражательного гониометра, усовершенствованного затем Э. Митчерлихом. Особая роль в этом принадлежит Ф. Моосу, Х. С. Вейсу, Н. И. Кокшарову, В. Гольдшмидту, П. Гроту.

Уильям Хайд Волластон (1766-1828; в 1801 г. в его честь назван минерал волластонит) - автор 56 работ, среди которых имеются работы по медицине, ботанике, астрономии, химии, электричеству, механике, оптике, минералогии, кристаллографии, создатель отражательного гониометра (1809), резко повысившего точность измерений - с градусов до долей минуты, служивший учёным для измерения кристаллов вплоть до конца XIX в., изобретатель рефрактометра, позже усовершенствованного Пульфрихом и Аббэ, используемого при определении показателя преломления и в настоящее время.

У. Х. Волластон открыл Pd (1803) и Rh (1804); в 1802 г. разработал способ изготовления платиновой посуды, державшийся им в секрете до года смерти и принесший ему большое состояние. Обнаружил повышенную химическую активность УФ-части спектра (1801). В статье "Об элементарных частях некоторых кристаллов" (1813) развивал представления о корпускулярной структуре твердых тел. В качестве корпускул рассматривал шары, эллипсоиды, укладывая их плотнейшими упаковками с образованием частиц типа тетраэдра, куба, октаэдра, ромбоэдра и других многогранников, намечая связь "элементарных кирпичиков", определяемых по форме спайных выколов Р. Ж. Гаюи с шаровыми и эллипсоидальными элементарными частицами, заменяемыми к тому же в структуре на центры их тяжести. Этот приём, демонстрирующий связь элементарных частиц с отдельными координационными полиэдрами, сохранился до настоящего времени и особенно успешно разрабатывался Л. Полингом и Н. В. Беловым.

Однако в первой четверти XIX в. теоретические разработки по кристаллографии уступают место накоплению данных по угловым величинам кристаллов, их морфологии, чему особенно способствовали работы Х. С. Вейса и Ф. Мооса. В связи с этим И. И. Шафрановский писал: *"Кристалломорфологическое направление, намеченное работами Х. С. Вейса и Ф. Мооса, надолго отодвинуло на второй план теоретические изыскания, основанные на гипотезах о внутреннем строении кристаллических тел"* ([24], с. 40) и далее: *"...давящая диктатура точно-описательной кристаллографии и официальное её признание со стороны университетского и горнозаводского начальства заставили уйти чуть ли не в подполье 51*

представителей ранней структурной кристаллографии и надолго затормозила её дальнейшее развитие" ([24], с. 42).

В то же время точные угловые величины кристаллов привели не только к их систематизации по сингониям, в чём опять-таки большая заслуга Ф. Мооса и Х. С. Вейса, но "...исходя почти исключительно из наблюдений исследователи окристаллизованных минералов установили за некоторыми исключениями чуть ли не все простые кристаллографические формы" ([24], с. 40), что явилось огромным достижением морфологической кристаллографии.

Итог этому направлению в кристаллографии XIX - начала XX в. подвели работы В. Гольдшмидта.

Виктор Гольдшмидт (1853-1933), с 1887 г. и до конца жизни жил в Гейдельберге, развивая свой собственный институт. Изобрел на год позже Е. С. Федорова двукружный гониометр (1893). Автор "Таблиц кристаллографических углов" (1897), при подготовке которых сам выполнил более 65000 вычислений и свел данные более чем по 25000 кристаллографическим формам. Вслед за этим подготовил 9-ти томный "Атлас кристаллографических форм" (1913-1923), в котором дано свыше 30000 чертежей кристаллов, являющийся и по ныне непревзойденным источником по морфологии кристаллов. Особое внимание В. Гольдшмидт обращал на морфологию реальных кристаллов, выявление связи её с условиями образования.

С середины XIX в. появляются работы, рассматривающие кристаллы не только как идеальные многогранники, а как реальные кристаллические тела со своими внутренними особенностями и неидеальными поверхностями граней, закладываются основы апатомии и онтогении кристаллов. В этом отношении особая заслуга принадлежит А. Скакки (1810-1893), Х. Ф. Вебскому (1824-1886), введшему термин "вицинальная грань" (от лат. vicinus - сосед), М. А. Толстопятову (1836- 1890), М. В. Ерофееву (1839-1889), П. В. Еремееву, А. Н. Карножицкому (1867-1907). Всё это привело к формированию современных взглядов, в развитии которых особое значение в нашей стране имела дискуссия О. М. Аншелеса (1885-1957) и А. В. Шубникова (1887-1970), приведшая к выводу о том, что "вицинальные образования могут возникать и в результате скупчивания или расщепления (это так называемые "вициналлоиды"), и в результате отложения убывающих слоев на гранях монокристаллов (собственно "вицинами")" ([24], с. 205). К концу века сложились представления о двойниках, причинах их появления (ростовых и механических - давлении, образование параморфоз), о блочном и секториальном строении кристаллов, пирамидах роста.

Конец века знаменуется изобретением двукружного отражательного гониометра Е. С. Федоровым (1890) и В. Гольдшмидтом (1893), ставшим основным прибором для

измерения кристаллов, узлы конструкции которого успешно использовались в дальнейшем в различных установках по изучению кристаллов, в частности, рентгеновских гониометрах.

Значительных успехов в XIX-начале XX в. достигает химическая кристаллография, итоги которой подвели работы П. Грота.

Пауль Грот (1843-1927; в 1867 г. в его честь назван изучавшийся им гротит - Al_2Fe^{3+} , TR-титанит) - заведующий кафедрой минералогии Страсбургского университета (1872), кафедрой минералогии Мюнхенского университета (1882-1924). П. Грот установил явление морфотропии - изменение структуры веществ с одинаковыми формулами при изменении их состава. П. Гроту принадлежит 5-ти томная "Химическая кристаллография" (1906-1919), в которой он *"сделал попытку распределить по возможности все окристаллизованные вещества по морфотропным и изоморфным рядам и группам. Именно такое распределение, по его мнению, позволяет делать далеко идущие прогнозы о внутреннем строении вещества"* (по [24], с. 252). В ней учтено 10350 веществ и приведено 9600 литературных источников. Другим важным трудом П. Грота является "Физическая кристаллография", выдержавшая 5 изданий (1876, 1885, 1895, 1904, 1921), каждое из которых существенно дополнялось и перерабатывалось; в 1897 г. она переведена на русский язык. П. Грот рассматривал кристаллографию не как "служанку минералогии", а как часть молекулярной физики твердых тел. Эта книга по И. И. Шафрановскому сыграла *"решающую роль в победе обновленной кристаллографии, всецело основанной на законах кристаллографической симметрии, над старыми формалистическими схемами школы Наумана"* (по [24], с. 249).

П. Грот существенно увеличил минералогическую коллекцию Мюнхенского университета, в основном за счет личных сборов (образцы студентам показывали из своих рук).

Огромный скачок в XIX в. делает теоретическая кристаллография. В результате работ Адольфа Яковлевича Купфера (1877-1865), Франца Эрнста Неймана (1798-1895), Вильяма Миллера (1801-1880), Иоганна Фридриха Христиана Гесселя (1796-1872), Огюста Браве (1811-1863), Алексея Вильгельмовича Гадолина* (1828-1892), Леонарда Зонке (1842-1897) сложились представления о кристаллической решетке, были разработаны способы выражения индексов граней и отдельных зон кристаллов, выведены 14 решеток Браве и 32 вида симметрии, завершившиеся к концу века выводом 230 пространственных

* А. В. Гадолин был большим любителем и знатоком минералов, изучал минералы Питкяранты.

групп симметрии Евграфом Степановичем Федоровым и Артуром Моритуем Шенфлисом (1853-1928).

Евграф Степанович Федоров (1853-1919; в 1965 г. в его честь назван минерал федорит) - профессор геологии Московского сельскохозяйственного института, Петровской, ныне Тимирязевской сельскохозяйственной академии (с 1895 г.), первый выборный директор Петербургского горного института (1905), адъюнкт по кафедре минералогии Императорской Академии наук (1901), академик (1919) - автор теории кристаллического строения тел, основанного на учении о параллелоэдрах, нацело выполняющих объем, завершенной выводом 230 пространственных (Федоровских) групп. По И. И. Шафрановскому: *"Бессмертной заслугой Е. С. Федорова нужно считать не только его вывод 230 пространственных групп симметрии, но и их первое непосредственное определение на реальных структурах. Именно последнее оказало огромное влияние на дальнейшее развитие рентгеноструктурного метода и позволило применить математический аппарат, созданный великим ученым для определения кристаллических структур"* (по [24], с. 299). Среди ученых, разрабатывавших учение Е. С. Федорова в СССР - А. К. Болдырев, О. М. Аншелес, В. Н. Лодочников, А. Н. Заварицкий, В. С. Соболев, В. В. Никитин, в Англии - Т. Баркер; оно активно было воспринято П. Гротом.

Е. С. Федоров основоположник кристаллохимического анализа веществ, изложенного в приложении к "Царству кристаллов" (1920). Ему же принадлежат работы по росту и растворению кристаллов, созданию теории реального кристаллообразования, полиморфизму, изоморфизму. В четырех изданиях "Курса кристаллографии" (1891, 1897, 1901 и 1910 г.) Е. С. Федоров *"поставил кристаллографию по выражению А. К. Болдырева "прочной, неизменно и невозвратно на точный математический геометрический базис"* (по [24], с. 299).

Огромное влияние на развитие измерительной кристаллографии имел двукружный гониометр Е. С. Федорова, изготовленный в 1890 г., а для оптических исследований прозрачных минералов - теодолитный столик Е. С. Федорова, устанавливающийся на столике микроскопа, первая модель которого изготовлена в 1891 г. Е. С. Федорову принадлежит заслуга организации Краеведческого музея при Турьинском руднике на Урале, где он существует до настоящего времени и обладает, среди прочего, превосходной минералогической коллекцией.

В 1848 г. появляется публикация Луи Пастера* (1822-1895), посвященная анализу явлений энантиоморфизма (дисимметрии по Пастеру) - наличие правых, левых и нейтральных форм у кристаллов, отличающихся характером огранки и вращением плоскости поляризации, в том числе и в растворах, вправо, влево или безразличных по отношению к поляризованному лучу соответственно. Л. Пастер не только дал весьма интересное, близкое к современному объяснение этому явлению, но и обратил внимание на особую его роль среди естественных органических веществ.

Имена ряда кристаллографов XIX в., внесших заметный вклад в развитие минералогии, закреплены в названиях минералов (см. табл. 5).

Большой вклад в развитие минералогии в XIX в. внесли и физики. Прежде всего в этом отношении следует указать на стремительное развитие в XIX в. теории двупреломления кристаллов, различных оптических методов изучения кристаллических тел, разрабатывавшихся при изучении минералов. Здесь прежде всего следует выделить работы Ж. Б. Био и Д. Брюстера.

† Жан Батист Био (1774-1862; в 1842 г. в его честь назван минерал биотит) - член Парижской Академии наук (с 1803), профессор физики Парижского университета (1809). Вместе с Д. Брюстером открыл оптическую двуосность кристаллов. Впервые показал разницу между оптически одноосными и двуосными кристаллами, подразделив те и другие на оптически положительные и оптически отрицательные. Большое внимание уделял изучению оптических свойств слюды; в 1814 г. открыл неодинаковую прозрачность турмалина для обыкновенных и необыкновенных лучей. Изучал вращение плоскости поляризации в кристаллах минералов и органических веществ. Открыл оптическую активность, т.е. способность вращать плоскость поляризации, многих органических веществ - скипидара, растворов сахара, камфоры, винной кислоты. Подчеркивал, что это явление вызывается особым строением молекул органических веществ, тогда как в случае кварца подобное явление связано с особенностями его кристаллической структуры.

Давид Брюстер (1781-1868; в 1822 г. в его честь назван минерал брюстерит) - шотландский физик, член Лондонского Королевского общества (1815), глава Британской ассоциации развития науки (с 1849). Совместно с Ж. Б. Био открыл оптическую двуосность кристаллов; расширил список двупреломляющих кристаллов до 165 названий (среди них несколько разновидностей

* В студенческие годы Л. Пастер увлекался минералогией и кристаллографией, которую он узнал у Делюфа; в 1863 г. он становится профессором геологии, физики и химии в Парижской школе изящных искусств.

минеральных видов и минералов с аномальным двупреломлением). Открыл коноскопию при исследовании топаза, слюды и многих других минералов; изучал связь оптических свойств кристаллов с их внешней формой и, в частности, установил соответствие своих выводов в делении кристаллов по оптическим свойствам группам кристаллов по их формам (сингониям) Ф. Мооса. Обнаружил оптическую аномалию кристаллов граната, алмаза, борацита. Обнаружил вслед за французским минералогом П. Л. А. Кордые (1777-1861; в 1813 г. в его честь назван минерал кордиерит) явление плеохроизма. На примере галита и флюорита показал, что под давлением их кристаллы становятся двупреломляющими.

Исследование кристаллов минералов позволило еще Р. Ж. Гаюи обратить внимание на электризацию некоторых из них под давлением, однако это открытие практически не оставило следа. В 1880 г. это явление исследуется на кристаллах сфалерита, борацита, гемиморфита, турмалина, кварца, сегнетовой соли и других веществ Жаком и Пьером Кюри. После его подробного изучения и теоретического объяснения пьезоэлектричество не только входит в арсенал физики, но появляется множество различных разработок по его использованию в практических целях, достигших особенно широкого применения в настоящее время (стабилизаторы частоты радиоволн, часы с кварцевыми резонаторами, в том числе ручные и многое другое).

В XIX в. закладываются основы общей теории упругости твердых тел в первую очередь математиками и механиками Л. М. А. Навье (1785-1836), С. Д. Пуассоном (1781-1840), О. Л. Коши (1789-1857), а затем и теории упругости кристаллов, основанной на работах Ф. Неймана (1798-1895), В. Фойгта (1850-1919), широко применявшего тензорный анализ к описанию физических свойств кристаллов.

XIX в. завершается двумя важнейшими открытиями в физике - рентгеновских лучей и явления радиоактивности, революционизировавших физику атома, теорию строения материи и многие другие разделы физики, позволивших разработать ряд совершенно новых методов исследования кристаллических веществ, нашедших широкое применение при изучении минералов в XX в.

Вильгельм Конрад Рентген (1845-1923) - немецкий инженер-экспериментатор, работавший первоначально ассистентом в Вюрцбургском (с 1870), Страсбургском университетах (с 1872), профессор в высшей школе в Хознхейме (с 1875), Страсбургском (с 1876), Гисенском (с 1879), Вюрцбургском (с 1888) и Мюнхенском (с 1900) университетах. В 1895 г. открыл лучи неизвестной природы (поэтому он назвал их X-лучами), обладавшие целым рядом специфических свойств - способностью проникать через непрозрачные для обычных лучей предметы,

оставлять след на фотопластинке позади них, ионизировать воздух. Он исследовал многие свойства этих лучей, в том числе и способность проникать сквозь кристаллические тела, хотя диффракции х-лучей при этом не обнаружил, из-за небольшой мощности излучения и потому, что фотопластинка располагалась сразу же за кристаллом. Разработанная им конструкция электронной трубки для получения X-лучей остается принципиально той же и в настоящее время.

Кроме того В. К. Рентген внес существенный вклад в изучение пьезо- и пьезоэлектрических свойств кристаллов, электропроводности кристаллических диэлектриков, открыл взаимосвязь оптических и электрических свойств кристаллов.

Вскоре после их открытия X-лучи нашли своё применение в медицине; использование их при исследовании кристаллов стремительно стало развиваться после открытия явления диффракции рентгеновских лучей кристаллическими веществами, сделанного в 1912 г. М. Лауэ.

Открытие радиоактивности и её исследование связано прежде всего с именами А. А. Беккереля, П. Кюри и его жены М. Склодовской-Кюри.

Антуан Анри Беккерель (1852-1908; в 1922 г. в его честь назван минерал беккерелит) - профессор Парижской политехнической школы, член Парижской Академии наук (с 1889), сын профессора физики и руководителя Национального естественно-исторического музея в Париже. В 1896 г. открыл радиоактивное излучение у солей урана. Эта работа была связана с попыткой обнаружить рентгеновское излучение на люминесцирующих веществах, изучавшихся ещё отцом А. А. Беккереля. В этих исследованиях А. А. Беккерель заметил, что соли урана действуют на фотопластинку даже не будучи подвергнуты рентгеновскому облучению. А. А. Беккерель показал, что излучение солей урана не имеет ничего общего с флюорисценцией и отличается от рентгеновского излучения. Кроме того, А. А. Беккерель занимался изучением оптических, фото- и электрохимических явлений, магнетизма, метеорологией.

Пьер Кюри (1859-1906; в 1921 г. в его честь назван минерал кюрит) - профессор Школы физики и химии в Париже (с 1883), Парижского университета (с 1905), член Парижской Академии наук (с 1904). В 1880 г. совместно с братом Полем Кюри повторно (после Р. Ж. Гаюи) открыл пьезоэлектричество, изучал магнитные явления и сформулировал закон, согласно которому магнитная восприимчивость некоторых парамагнитных веществ при нагревании уменьшается обратно пропорционально абсолютной температуре (закон Кюри). Исследуя зависимость магнитных свойств железа от температуры обнаружил, что при определенной температуре (точка Кюри) они исчезают.

Из общенаучных приципов, важных для минералогии, понимания реальных форм кристаллов, анализа условий их образования, понимание вообще процессов генезиса минералов и многих других вопросов огромное значение имеет установление в 1894 г. Пьером Кюри универсального принципа симметрии - дисимметрии, который был им сформулирован в следующем виде: *"При наложении нескольких явлений различной природы в одной и той же системе их дисимметрии складываются. Элементами симметрии системы остаются только те, которые являются общими для каждого явления, взятого отдельно. Когда некоторые причины производят некоторые действия, элементы симметрии причин должны обнаруживаться в этих произведённых действиях. Когда некоторые действия проявляют некоторую дисимметрию, то эта дисимметрия должна обнаруживаться и в причинах, их поражающих"* (по [24], с. 235-236). В приложении к реальным формам кристаллов этот принцип уже в наше время был всесторонне развит И. И. Шафрановским [20-22].

В 1897 г. П. Кюри стал изучать совместно со своей женой М. Склодовской-Кюри, начавшей работать в его лаборатории в 1895 г., только что открытую А. А. Беккерелем радиоактивность солей урана.

Мария Склодовская-Кюри (1867-1934; в 1924 г. в её честь назван минерал склодовскит) - с 1906 г. после смерти своего мужа П. Кюри заняла его место профессора и заведующего кафедрой Парижского университета, где впервые в мире начала читать курс радиоактивности, основоположница новой науки - радиохимии, член многих академий; член-корреспондент Петербургской АН (1907), почетный член АН СССР (1926). М. Склодовская-Кюри обратила внимание на то, что образцы природного настурана в несколько раз радиоактивнее соединений урана. Допустив, что это связано с примесью в них неизвестного радиоактивного элемента, совместно с П. Кюри поставила работу по его выделению. Работа сводилась к обработке большого количества исходного настурана методами химического фракционирования с контролем радиоактивности образующихся фракций, что и послужило развитию в дальнейшем радиохимии. При этом П. и М. Кюри обнаружили, что повышенной радиоактивностью отличаются две различных фракции. Дальнейшее исследование и фракционирование каждой из них в отдельности привели к открытию в 1898 г. Po и Ra. В 1902 г. получила несколько дециграммов чистой соли Ra, что позволило определить его атомный вес и свойства, место в Периодической системе. В 1910 г. вместе с французским химиком А. Дебьерном получила металлический Ra.

П. и М. Кюри открыли выделение тепла при радиоактивном распаде, действие радиоактивности на живые

организмы и многие другие явления, связанные с радиоактивностью. М. Кюри изучила радиоактивность Rn, Ac. П. Кюри предложил использовать явления радиоактивности для определения абсолютного возраста горных пород, что заложило фундамент радиогеологии.

А. А. Беккерель, П. и М. Кюри в 1903 г. получили Нобелевскую премию по физике за открытие и исследование радиоактивности; в 1911 г. М. Кюри получила Нобелевскую премию по химии.

Таким образом XIX в. характеризуется бурным развитием практически всех естественных наук, накоплением огромного нового фактического материала, глубоким теоретическим его осмысливанием.

В XIX в. было открыто 50 элементов: Li, Na, K, Rb, Cs; He, Mg, Ca, Ra; La, Ce, Tb, Sm, Yb, Ho, Er, Tm, Gd, Pr, Nd, Eu, Dy; Sc, V, Nb, Ta; Ru, Rh, Pd, Ir, Os; Cd, B, Al, Ga, In, Tl; Si Ge; Se, Po; F, Br, I; Ne, Ar, Kr, Xe, Ac, Th. 26 из них были выделены при анализе минералов (см. табл. 1 и 2), а 12 получили название по минералу, в котором были открыты или имеют с его названием общий корень (см. табл. 4). В это же время окончательно формируется понятие элемента, разрабатывается современная химическая номенклатура, способы написания формул веществ и уравнений химических реакций. Для развития минералогии из достижений химии первостепенное значение имело развитие атомно-молекулярной теории, установление законов постоянства состава Пруста, кратных отношений Дальтона, Периодического закона Менделеева, закона постоянства граничных углов, явлений изоморфизма, полиморфизма, морфотропии и радиоактивности, разработка новых методов анализа - прежде всего спектрального и достижения высокой степени совершенства в объёмном и весовом анализе.

Из достижений физики особое значение имело развитие работ по двупреломлению кристаллов и многих других направлений.

Минералы стали характеризоваться не только величинами их плотности, но также твердости, граничными углами и чертежами кристаллов, точными данными по химическому составу. Прогресс в исследовании минералов был так велик, что, например, объём 6-го издания "Системы минералогии" Дж. Д. Дэна, вышедшего в конце XIX в. почти вдвое превысил объём первого издания 1837 года.

В конце XVIII - начале XIX в. развитию минералогии в большой мере способствовало учреждение минералогических обществ в Иене (1792), Дрездене (1816), С.Петербурге (1817), Геологического общества в Лондоне и Вернеровского общества в Эдинбурге (1816), общества минералогии и естественной истории

вообще в Кембридже (1819), Геологического общества в Париже (1830) и др.

Касаясь прогресса в исследовании минералов в своем предисловии к 6-му издания "Системы минералогии" Дж. Д. Дэна, Э. С. Дэна писал: "Почти 24 года прошло с выхода последнего издания этой работы - длительный период, в течение которого минералогия как наука очень быстро развивалась. Действительно, эта четверть века была, вероятно, временем наиболее активного изучения минералов, чем любой подобный период в прошлом. Об этом свидетельствует большое число периодических изданий, посвященных в большой мере или исключительно минералогии. Это *Zeitschrift für Kristallographie* Грота, основанный в 1877 г., *Mittheilungen* Чермака, основанный в 1872 г., Бюллетень французского минералогического и кристаллографического общества, начатый в 1872 г., английский "Минералогический журнал", основанный в 1876 г., "Журнал Шведского геологического общества", основанный в 1872 г., итальянские журналы: *Rivista di mineralogia*, основанный в 1887 г. и *Giornale di mineralogia*, основанный в 1890 г. Кроме того, Минералогическое общество в Санкт-Петербурге после отсутствия публикаций в течение нескольких лет начало вновь ежегодно издания с 1866 г. В то же время объем *Jahrbuch für Mineralogie* etc. увеличился в два раза. ...В течение этого времени в науку введено около тысячи новых названий - к несчастью они не все отвечают новым минеральным видам, хотя это и утверждалось при введении большинства из них.

С другой стороны в течение этого периода была окончательно признана важность оптического исследования минералов, распространились и достигли всех исследователей - минералогов методы и инструменты для оптического и микроскопического изучения. Новые методы исследования не только увеличили наши знания оптических констант многих минеральных видов, но и распространили новые идеи о молекулярной структуре кристаллов. Стремительный прогресс отмечался в химической минералогии как в ... изучении состава сложных минеральных видов, так и в аналитике и, возможно, в большой мере за счёт развития синтеза минералов. Последние методы в руках искусных химиков позволили воспроизвести в лаборатории наиболее известные минеральные виды: полевые шпаты, кварц, пироксены, амфиболы, корунд и т.д. Это пролило свет на их состав и образование в природе" ([28], с. III).

Дж. Д. Дэна к концу XIX в. разрабатывает химическую систематику минеральных видов, в основу которой кладется Периодический закон Д. И. Менделеева.

Существенный прогресс наблюдался в развитии кристаллографии, окончательно оформляющейся в самостоятельную науку. С одной стороны это касается

стремительного роста угловых измерений кристаллов, чему в большой мере способствовало изобретение отражательного гониометра У. Х. Волластоном, усовершенствованного затем Э. Митчерлихом. Это привело к накоплению огромного фактического материала по морфологии кристаллов минералов, чему в большой мере способствовали работы Н. И. Кокшарова, П. В. Еремеева и др., их систематики на основе 7 сингоний и многим другим достижениям, итог которых подведен работами В. Гольдшмидта и П. Грота. С другой стороны, особенно в последней четверти XIX в., стремительно развивается теоретическая кристаллография, приведшая в конце века к открытию 230 пространственных групп Федоровым и Шенфлисом.

В конце XVIII - начале XIX в. модным продолжает оставаться частное коллекционирование минералов и других ископаемых. В литературе появляется ряд описаний таких коллекций, представляющих определенный вклад в минералогию, особенно, когда они сделаны крупными минералогами. В качестве их примера можно назвать:

1. "Коллекция Г. Леске" (Лейпциг, 1789), сделанное И. фон Д. Л. Г. Карстеном.

2. "Каталог коллекции мадмуазель Ел. де Рааб" (Вена, в 2-х томах, 1790), подготовленный австрийским минералогом Игнасом фон Борном (1742-1791), в честь которого в 1845 г. назван минерал борнит.

3. "Подробное описание минерального собрания Саксонского берггауптманна Пабста фон Охайна" (Фрейберг, 1791-1792), сделанное А. Г. Вернером.

4. "Каталог минерального кабинета господина И. Ф. Нулля" (Вена, в 3-х томах, 1804), составленный Ф. Моосом.

5. "Каталог минералогической коллекции Лондреса" (1813) французского кристаллографа и минералога Жака Луи де Бурно (1751-1825), в честь которого назван минерал бурнонит (1805).

6. "Каталог минералогической коллекции дю Руа" (Париж, 1817), его же.

Одновременно резко увеличивается число создаваемых музеев, имеющих минералогические коллекции. В XIX в. их число составляет 209, в том числе 51 музей организуется в США. В России в начале века появляются печатные каталоги наиболее крупных музеев, в том числе "Система ископаемых, служащая основанием порядка, в каком расположены они в Музее Императорского Московского университета" (Москва, 1811), изданный Г. Фишером на русском и французском языках, "Новейшее систематическое описание минерального кабинета Импер. Вольного Эконом. Общества, составленное В. Севергиным и К. Эттером (С.Петербург, 1815), "Краткая опись минерального кабинета Импер. Академии наук, по новому онаго расположению в 1820 году" (С.Петербург, 1821).

С середины XIX в. интенсивно начинает развиваться учение о парагенезисе минералов, впервые получающее прочную физико-химическую основу в конце XIX в. благодаря работам Я. Г. Вант-Гоффа. Трудami В. И. Вернадского в минералогию вносится революционное динамическое начало, что предопределяет направление её развития в XX веке, формирование новых разделов науки. Огромное значение для понимания процессов минералообразования, реальной формы кристаллов имеют многочисленные эксперименты по выращиванию кристаллов и формулирования в XIX в. принципа Ле-Шателье, определяющего направление реакций в системе при изменении её физико-химических параметров, и принципа Кюри о симметрии-дисимметрии.

Открытие в конце XIX в. рентгеновских лучей и радиоактивности закладывают фундамент стремительному развитию физики твердого тела XX века, определяют новый подход к кристаллическим телам вообще и минералам в частности.

XX век

Начало XX в. характеризуется подведением итогов огромного прогресса науки XIX в., осмысливанием новых явлений, особенно тех, которые были открыты на рубеже XIX и XX веков.

Этим объясняется появление итоговых работ по кристаллографии П. Грота и В. Гольдшмидта, о которых речь шла выше, энциклопедических "Основ химии" Д. И. Менделеева, последнее и переработанное издание которых вышло в 1908 г., после чего "Основы химии" многократно переиздавались стереотипно. В минералогии конец XIX в. ознаменовался сводкой Дж. Д. Дэна, которая с тремя приложениями была стереотипно издана в 1920 г., а в существенно переработанном виде её часть - в 1944. В конце XIX - начале XX в. появляется многотомный "Справочник по минералогии" К. Хинтце, публикация которого после смерти К. Хинтце в 1914 г. была продолжена Г. Линком. Всего с 1889 по 1939 г. было издано 9 томов общим объемом около 8700 страниц. В нём дано подробное описание формы кристаллов, состава, физических свойств и месторождений представителей отдельных минеральных видов. В 1911-1931 г. выходит "Справочник по химической минералогии" К. Делтера, состоящий также из 9 томов, каждый из которых имеет объём от 1000 до 1500 страниц. В этом справочнике сообщаются обстоятельные сведения по химическому составу минералов, методам их анализа, результатам синтеза.

Огромное значение в утверждении в минералогии динамического подхода к рассмотрению минералов имело появление в первой четверти XX в. многотомного "Опыта

описательной минералогии" В. И. Вернадского (в 1908-1922 гг. было издано 7 выпусков, общим объёмом более 1100 с.), а затем его же "История минералов земной коры" (в 1923-1936 гг. вышло 5 выпусков общим объёмом около 1000 с.) и "Геохимии", вышедшей в 1924 г. на французском языке в Париже, а затем в 1927 г. в виде "Очерков геохимии" на русском языке. В развитии этого направления, как и в создании новой науки геохимии особая заслуга принадлежит также А. Е. Ферсману и В. М. Гольдшмиду.

Александр Евгеньевич Ферсман (1883-1945; в 1929 г. в его честь назван минерал ферсманит, а в 1946 - ферсмит) - ученик В. И. Вернадского и В. Гольдшмидта, ассистент при Минералогическом кабинете Московского университета (с 1909), профессор минералогии Народного университета им. А. Л. Шанявского (с 1910), женских Бестужевских курсов в С.-Петербурге (1912-1919), старший ученый хранитель минералогического отделения Геологического музея АН (с 1912), директор Минералогического музея АН (1919-1930), академик (с 1919), директор Минералогического и кристаллохимического института (1930-1932), института геохимии, минералогии и кристаллографии им. М. В. Ломоносова (1932-1937), Института геологических наук (1942-1945), руководитель геолого-минералогических экспедиций на Кольский п-ов, Урал, в Среднюю Азию и в другие районы. Наиболее важными работами А. Е. Ферсмана являются: "Алмаз" - в соавторстве с В. Гольдшмидтом (1911), посвященная обстоятельному описанию реальных форм кристаллов алмаза; 4-х томная "Геохимия" (1933-1937 гг.), явившаяся не только сводкой знаний по новой науке геохимии, но и отразившая многие самостоятельные разработки автора - по определению кларков, геознергетической теории, изоморфизму и др.; "Пегматиты" (1931, 2-е изд. 1940), впервые всесторонне и столь широко затронувшая особенности минералогии, геохимии и условий образования своеобразных минеральных тел, являющихся источником многих полезных ископаемых. А. Е. Ферсман разрабатывает стройную теорию генезиса пегматитов, особое внимание обращает на отдельные типы пегматитов, каждый из которых характеризует своими особыми - типоморфными минералами. Эта работа А. Е. Ферсмана на несколько десятилетий определила подход ученых к пониманию этих своеобразных природных тел. Вслед за А. Е. Ферсманом исследованием пегматитов в нашей стране занимались К. А. Власов и А. И. Гинзбург (1917-1985)*, существенно

* К. А. Власовым, (1905-1964; в 1961 г. в его честь назван минерал власовит), членом-корреспондентом АН СССР, большое внимание уделялось изучению специфики генезиса минералов и месторождений редких элементов. Этим путём ему не только удалось вскрыть многие неизвестные ранее особенности химизма, условий образования минералов редких элементов, их парагенезиса, но и разработать множество важных рекомендаций по

развившие представления об их минералогии, геохимии, условиях образования, систематики и промышленных типах.

Для А. Е. Ферсмана наряду с глубокой теоретической проработкой основных вопросов геохимии и генетической минералогии характерна практическая направленность исследований. Именно ему принадлежит заслуга организации промышленной разработки Кольского полуострова, ряда месторождений Ср. Азии, Урала, Забайкалья. Наряду с этим А. Е. Ферсману принадлежат работы по изучению цветных и драгоценных камней, роли их в истории культуры, он был превосходным популяризатором минералогии и геохимии.

В развитии собственно минералогии большой след оставили работы А. К. Болдырева, А. Г. Бетехтина, С. С. Смирнова, П. Рамдора, Е. К. Лазаренко, Ф. В. Чухрова, И. Н. Костова, Д. П. Григорьева.

Анатолий Капитонович Болдырев (1883-1946) - ученик Е. С. Федорова - ассистент (1918), профессор (1921), заведующий кафедрой кристаллографии Ленинградского горного института (до 1937), воспитал большую школу советских минералогов и кристаллографов, среди которых А. Г. Бетехтин, В. И. Михеев, М. Н. Годлевский, Д. П. Григорьев, О. Д. Левицкий, С. С. Смирнов, В. С. Соболев, И. И. Шафрановский, создатель Федоровского института кристаллографии, минералогии, петрографии и учения о рудных месторождениях ЛГИ. А. К. Болдырев был не только превосходным знатоком минералов и кристаллов, но и весьма активно способствовал модернизации минералогии на динамической основе, разработке быстрых и универсальных методов диагностики минералов, издал целый ряд курсов и руководств по этим вопросам. Среди последних следует отметить "Основы кристаллографии" (1926), "Кристаллография" (1931), "Определитель кристаллов" т.1 (1937) (ред. А. К. Болдырев, В. В. Доливо-Добровольский - они же авторы в коллективе всего из 10 человек), "Описательная минералогия" (вып.1, 1926; вып.2, 1928; вып.3, 1935), "Рабочая книга по минералогии" (коллектив 15 авторов под ред. А. К. Болдырева, ч.1, 1932, ч.2, 1933), "Курс минералогии" (коллектив 15 авторов под ред. А. К. Болдырева и В. В. Черныха (1936), "Рентгенометрический определитель минералов" (ч.1, Болдырев А. К., Михеев В. И., Дубинина В. Н., Ковалев Г. А., 1938), "Таблицы межплоскостных расстояний для

их поиску и использованию. К. А. Власов создал Институт минералогии, геохимии и кристаллографии редких элементов АН СССР и МГ СССР, директором которого он был с 1953 г. до конца своей жизни.

** А. И. Гинзбургу принадлежит также большая заслуга в развитии прикладной минералогии как поисковой, так и технологической. Используя детальные минералогические критерии А. И. Гинзбургу удалось открыть ряд редкометалльных месторождений, в том числе крупных, выявить некоторые новые типы месторождений полезных ископаемых.

железного, медного и молибденового антикатодов" (Болдырев и др., 1950). Работа по составлению рентгенометрических определителей минералов была продолжена Виктором Ивановичем Михеевым (1912-1957), подготовившим вместе с В. Н. Дубининой вторую часть "Рентгенометрического определителя минералов" (1939), а затем и широко известный "Рентгенометрический определитель минералов", вышедший в 1957 г., в котором были приведены рентгенограммы представителей более 900 минеральных видов, относящиеся в большинстве своем к минералам, охарактеризованным химическим анализом, физическими свойствами.

Труды А. К. Болдырева составили целую эпоху в советской минералогии и кристаллографии и несколько десятилетий были основными пособиями, на которых воспитывались многие поколения советских ученых и инженеров, широко используемыми при диагностике минералов. Особое значение имело большое внимание, уделяемое А. К. Болдыревым генезису минералов, которому посвящено около трети "Курса минералогии", использование для его анализа данных физической химии.

Анатолий Георгиевич Бетехтин (1897-1962; в 1955 г. в его честь назван минерал бетехтинит) - старший ассистент (с 1928), доцент (с 1929), профессор (с 1937) Ленинградского горного института, зав. лабораторией, а затем отделом Института геологических наук, Института геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии АН СССР, член-корреспондент АН СССР (1943), академик (1953). Основные работы А. Г. Бетехтина связаны с изучением различных рудных месторождений (платиновых, хромитовых, марганцовых и др.), исследованием вещественного состава руд, парагенезиса слагающих их минералов с физико-химических и кристаллохимических позиций, текстур и структур руд. Они тесно связаны с промышленным освоением месторождений, их поиском и разведкой. А. Г. Бетехтин один из первых применил в конце 20-х годов метод изучения минералов в отраженном свете; распространению этого метода в Союзе особо способствовала его книга "Определение рудных минералов под микроскопом" (1933). Он был одним из авторов "Курса минералогии" под редакцией А. К. Болдырева и В. В. Черныха. "Минералогия" А. Г. Бетехтина (1950) является первым столь полным изданием-справочником по минералогии, вышедшим в СССР, не превзойденным и до сего времени. Особое значение имеют обобщенные описания крупных минералогических таксонов, кристаллохимическая и генетическая характеристика минералов. Эта книга переведена на многие языки. Большой известностью в СССР пользовался многие годы "Курс минералогии" А. Г. Бетехтина, вышедший двумя изданиями (1951,

1956), переведенный на немецкий, китайский, румынский языки и ряд языков народов СССР.

Сергей Сергеевич Смирнов (1895-1947; в 1957 г. в его честь назван минерал смирновскит) - ассистент (с 1919), затем доцент, профессор, заведующий кафедрой минералогии (1930-1933) Ленинградского горного института, с 1919 г. начал работать в Геологическом комитете (затем ВСЕГЕИ МГ СССР), член-корреспондент (1938), академик (1943) АН СССР, заведующий рудным отделом Института геологических наук АН СССР (с 1945). Превосходный диагност минералов, полевик, чьи работы привели к открытию ряда месторождений цветных и редких металлов, особое внимание уделивший изучению зоны окисления рудных месторождений, использованию её для минералогического прогноза первичного оруденения - задачи, с которой С. С. Смирнов превосходно справлялся на практике. Эти исследования изложены в "Зоне окисления сульфидных месторождений" (1936, 1951). С. С. Смирнов всей своей яркой жизнью полевого минералога показал огромное значение минералогии в поисках и открытии новых месторождений, новых их типов, новых источников сырья, минералогии как основы металлогении.

Пауль Рамдор (1890-1985; в 1930 г. в его честь назван минерал рамдорит) - заведующий кафедрой минералогии в Гейдельбергском и Берлинском университетах, член АН ГДР и ряда других академий и научных обществ. Среди работ П. Рамдора прежде всего следует выделить его капитальный труд "Рудные минералы и их сростания", выдержавший 4 издания на немецком языке (1950, 1955, 1960, 1975; в последнем издании 1278 с. и 637 рисунков), переведенный на русский (1962), китайский (1964) и английский (1969) языки. В нём дается подробная характеристика практически всех известных рудных минералов, анализируются особенности их строения, условия образования, роль минеральных сростаний при обогащении руд. Эта книга является ценнейшим справочником для лиц, изучающих рудные минералы, в том числе и с целью разработки рациональных схем их обогащения.

Серия публикаций П. Рамдора, в том числе его монография "Рудные минералы каменных метеоритов" (1973) посвящены изучению минералов метеоритов и лунных образцов, доставленных космическими кораблями "Аполло"-11, -12, -14 и -16, что значительно расширило наши знания о минералогии космических тел.

Большой известностью пользуется и "Клокмановский учебник минералогии", вышедший в 1978 г. 16-м изданием, подготовленным к печати П. Рамдором и Х. Штрунцем (11-е, 12-е, 13-е и 14-е издания были ранее подготовлены П. Рамдором).

Помимо этого П. Рамдор исследовал минеральный состав месторождения Брокен-Хилл в Австралии и Раммельсберг в Германии, ураново-рудное месторождение Витватерсранд в ЮАР,

титаномагнетитовое месторождение Рутивера в Швеции и пришел к выводу об их метаморфизованности, что имело большое значение в понимании условий образования многих других, в частности колчеданных и полиметаллических месторождений СССР, Канады и Австралии.

Федор Васильевич Чухров (1908-1988; в его честь в 1960 г. назван минерал чухровит) - научный сотрудник (с 1937) Института геологических наук АН СССР, директор Института геологии рудных месторождений, минералогии, петрографии и геохимии АН СССР (1955-1988), член-корреспондент (с 1953), академик АН СССР (с 1970). По инициативе Ф. В. Чухрова и под его редакцией в СССР с 1960 г. начал выходить наиболее полный в мире справочник "Минералы", в котором подробно и всесторонне освещается каждый из известных минеральных видов, приводится большой список ссылок на основные литературные источники. К настоящему времени издано 7 книг этого справочника, являющегося примечательным явлением в мировой минералогии. Ф. В. Чухрову принадлежит также обстоятельная монография "Коллоиды в земной коре" (1955), привлекая внимание многих исследователей к этой проблеме, множество научных работ по зоне окисления рудных месторождений, гипергенной минералогии Fe, Mn, Mo, W и ряда других элементов. Особое внимание Ф. В. Чухров и его последователи обращают на проблему типоморфизма - выяснение связи между свойствами минералов, включая и те, которые определяются современными физико-химическими методами исследования и условиями их образования, использованию типоморфных особенностей минералов при поиске и разведке месторождений полезных ископаемых, технологии их переработки.

Евгений Константинович Лазаренко (1912-1979) - доцент кафедры минералогии и петрографии, затем декан геологического факультета Воронежского университета, старший научный сотрудник Уральского филиала АН СССР (1942-1944), заведующий кафедрой минералогии, декан геологического факультета (1944), проректор (1949), ректор (1951-1963) Львовского университета, заведующий отделом Института геологии полезных ископаемых АН УССР (1951-1960), директор Института геологических наук АН УССР в Киеве (1969), член-корреспондент (1951), академик АН УССР (1969). Ему принадлежит "Курс минералогии", выдержавший 3 издания (1961, 1963, 1971), пользовавшийся в своё время большой популярностью в стране "Основы генетической минералогии" (1963), "Минералогический словарь" (1975, с О. Н. Винар), ряд коллективных монографий по топоминералогии УССР: "Минералогия Закарпатья" (1963), "Минералогия Донецкого бассейна" (1975), "Минералогия Криворожского бассейна" (1977),

"Минералогия Приазовья", в которых он был одним из авторов и редактором.

Иван Николов Костов (р.1913; в 1966 г. в его честь назван минерал костовит) - болгарский минералог и кристаллограф, заведующий кафедрой минералогии Софийского университета (с 1953 года), директор Национального природоведческого музея Болгарии, академик Болгарской АН (с 1966), иностранный член АН СССР (с 1982). И. Н. Костову принадлежит монография "Минералогия", выдержавшая 3 издания в Болгарии (1950, 1957, 1973), переведенная на английский (1968) и русский языки (1971). Её основными достоинствами является краткое, и в то же время достаточно полное описание наиболее важных минеральных видов, оригинальная систематика, в которой в противовес широко распространенным "кристаллохимическим", а вернее структурно-геометрическим, систематикам минералов развивается систематика, опирающаяся на химический состав минералов и парагенетические ряды отдельных элементов. Большое внимание И. Н. Костов уделил также выявлению связи физических свойств минералов друг с другом (твердость - плотность - показатели преломления и др.), с их составом, общей характеристике крупных таксонов. В этом отношении "Минералогия" И. Н. Костова существенно отличается от многих других аналогичных монографий, с чем очевидно и связан её успех у широких слоев читателей. И. Н. Костов большое внимание уделял также кристаллам минералов, выяснению связи их формы с условиями образования. Ему принадлежит учебник "Кристаллография", выдержавшая 3 издания на болгарском языке (1955, 1958, 1963), переведенная в 1965 г. на русский язык. Её особенностью является не только систематическое рассмотрение законов симметрии и кристаллических форм, включая рёберные, но и обстоятельное описание основ кристаллохимии и физики кристаллов с особым упором на зависимость физических свойств от направления их измерения в кристалле, их анизотропию.

Дмитрий Павлович Григорьев (1909 года рождения) - ученик А. К. Болдырева, А. Н. Заварицкого, ассистент (1934), доцент (1940), профессор (1946), заведующий кафедрой минералогии (1946-1985) Ленинградского горного института, один из авторов "Рабочей книги по минералогии" и "Курса минералогии", вышедших под редакцией А. К. Болдырева - основатель нового направления в минералогии - онтогении минералов, посвященного тщательному изучению морфологии и анатомии минеральных индивидов и агрегатов, восстановлению на этой основе условий их образования (онтогении). Его работа "Онтогения минералов" (1961) стала классической и переведена на ряд иностранных языков; она породила десятки и сотни работ в этой новой области минералогии, обогативших её большим и

своеобразным фактическим материалом. Это направление выдвинуло советскую минералогию на передовые рубежи в мире.

Кроме того, Д. П. Григорьеву принадлежит цикл экспериментальных исследований по синтезу амфиболов и слюд с заменой OH-группы на F⁻-ион. Эти работы, с одной стороны, позволили выяснить многие черты образования главных породообразующих минералов из расплава, с другой - легли в основу разработки промышленных методов синтеза фторфлогопита. Д. П. Григорьев занимался минералогией метеоритов, Луны и многими другими вопросами.

Развитие минералогии идет параллельно с развитием методов исследования минералов, как "традиционных" - оптических, так и новых, использующих последние достижения физики и приборостроения.

В определении минералов по оптическим свойствам большую роль сыграли справочники оптических свойств минералов. Наиболее известен из них справочник Е. Ларсена и Г. Бермана, изданный в США в 1934 г. и переведенный на русский язык в 1937 г. В 1965 г. на русском языке появилось его новое существенно переработанное и дополненное издание, а в 1987 г. справочник М. Флейшера, Р. Вилкокса и Д. Матцко "Микроскопическое определение прозрачных минералов", представляющий перевод с английского справочника, вышедшего в США в 1984 г., в основу которого был положен указанный выше справочник Е. Ларсена и Г. Бермана.

Из физических методов исследования вещества, развившихся в XX в. прежде всего заслуживают внимание методы, основанные на использовании открытых в конце XIX в. рентгеновских лучей. Из них в первую очередь надо остановиться на использовании рентгеновских лучей для исследования кристаллических структур минералов, что стало возможным после работ М. Ф. Т. Лауэ, У. Г. и У. Л. Брэггов, Г. В. Вульфа. Развитие этого направления привело к созданию кристаллохимии, выяснению связи свойств минералов, особенностей их состава и генезиса с особенностями их структуры. Оно связано с именами В. М. Гольдшмидта, Л. Полинга, Н. В. Белова, В. С. Соболева; определенный вклад в это дело внес А. С. Поваренных.

Макс Феликс Теодор фон Лауэ (1879-1960; в 1954 г. в его честь назван минерал лауэит) - профессор физики в Цюрихе (с 1912), Франкфурте-на-Майне (с 1914), Берлине (с 1919); работал в области оптики, теории относительности, квантовой теории, ядерной физики. В 1912 г. для доказательства волновой природы рентгеновских лучей предложил провести опыты по их дифракции кристаллическими веществами. Эти опыты были выполнены немецкими физиками В. Фридрихом и П. Книппингом, что сделало возможным применение рентгеновских лучей для изучения кристаллической структуры веществ и стало

предпосылкой для развития экспериментальных работ в этой области У. Г. и У. Л. Брэггами и многочисленными их последователями.

Уильям Генри Брэгг (1862-1942) - профессор физики Аделаидского университета в Австралии (до 1907), Лидсе (с 1909) и Лондоне и Уильям Лоуренс Брэгг (1890-1971) - сын У. Г. Брэгга. В честь У. Г. и У. Л. Брэггов в 1932 г. назван минерал брэггит. У. Г. и У. Л. Брэгги, используя дифракцию рентгеновских лучей в кристаллах, определили длины волн характеристического излучения элементов. У. Г. Брэгг одновременно с русским кристаллографом Г. В. Вульфом дал уравнение дифракции рентгеновских лучей, связывающее угол их отклонения с длиной волны и межплоскостным расстоянием кристаллической решетки - основное уравнение, используемое при рентгенографическом изучении кристаллов. Разработали методы определения кристаллических структур и определили структуры многих минералов. Работы У. Г. и У. Л. Брэггов "Рентгеновские лучи и строение кристаллов" (1915; переведена на русский язык в 1929 г.), "Дифракция электронов" (переведена на русский язык в 1936 г.), У. Г. Брэгга "Зведение в анализ кристаллов" (переведена на русский язык в 1930 г.), У. Г. Брэгга "Структура силикатов" (переведена на русский язык в 1934 г.) проложили путь к широкому исследованию кристаллических структур минералов, выяснению особенностей их кристаллохимии, разработке кристаллохимических систематик минералов.

Георгий (Юрий) Викторович Вульф (1863-1925) - ассистент (с 1885), приват-доцент Варшавского университета, профессор Казанского (1897-1998) и Варшавского университетов (1899- 1906), приват-доцент Московского университета (1908-1911), заведующий кафедрой минералогии на Московских высших женских курсах, профессор Московского университета (с 1918), основатель Института физико-химического исследования твердого вещества (после октябрьской революции), член- корреспондент АН СССР (1924), основатель московской школы кристаллографов - среди его учеников А. В. Шубников, Е. Е. Флинт, Н. А. Смольянинов и др. В 1913 г. им (одновременно с У. Г. Брэггом) была выведена формула дифракции рентгеновских лучей кристаллами, на которой основаны многие, в том числе весьма важные, методы рентгенографического изучения кристаллов. Первым в России начал исследование структуры кристаллов с помощью рентгеновских лучей. В 1897 г. Г. В. Вульф изобрел стереографическую сетку для изображения кристаллов, получившую его имя и применяемую до сих пор. Г. В. Вульфу принадлежит оригинальный вывод всех видов симметрии кристаллов. Им же выполнена серия работ по кристаллооптике и росту кристаллов. В частности, он установил закон о том, что

скорости роста граней кристалла пропорциональны удельным поверхностным энергиям. Был превосходный лектор, сопровождавший свои лекции различными опытами, в том числе по наблюдению роста кристаллов под микроскопом с проектированием этой картины на экран.

Лайнус Карол Полинг (р. 1901; в его честь в 1960 г. назван минерал полингит) - американский физик, химик, биохимик - профессор Калифорнийского университета (с 1931), учредитель Института Лайнуса Полинга в Менло Парк, США, иностранный член АН СССР (1958); лауреат Нобелевской премии по химии (1954), международной Ленинской премии "За укрепление мира между народами" (1970), Нобелевская премия мира (1962). Л. Полинг исследовал методами рентгенографии большое число кристаллических структур различных веществ, в том числе минералов, электронографии - газовых молекул, изучал магнитные свойства различных комплексов, развил теорию химической связи, опирающуюся на квантовую механику, пришедшую на смену электростатическим и поляризационным представлениям, создал теорию направленных валентностей, резонанса химической связи, промежуточного ионно- ковалентного состояния связи. Ему принадлежит существенный вклад в развитие кристаллохимии, в частности, анализ представлений о ионных радиусах и публикация таблицы с их величинами, широко использовавшимися различными учеными, формулировка ряда важнейших кристаллохимических законов, в том числе электростатической насыщенности валентных связей. Большой шаг вперед представляла разработанная Л. Полингом полиэдрическая методика изображения кристаллических структур, успешно развивавшаяся в СССР Н. В. Беловым и его школой. Его монографии "Природа химической связи" (перевод на русский язык в 1947 г.), "Общая химия" (перевод на русский 1964 и 1974 гг.), "Химия" (совместно с Питером Полингом; переведена на русский язык в 1978 г.) сыграли большую роль в распространении кристаллохимических и квантово-химических представлений в науке как за рубежом, так и в СССР.

Николай Васильевич Белов (1891-1982; в 1954 г. в его честь назван минерал беловит) - старейший специалист Ломоносовского института геохимии, минералогии и кристаллографии АН СССР (1933-1937), лаборатории кристаллографии АН СССР (1937-1944), заведующий лабораторией (1944-1982), заведующий отделом (1960-1982) Института кристаллографии АН СССР, член-корреспондент (1946), академик (1953) АН СССР, заведующий кафедрой кристаллографии Горьковского университета (1946-1961), профессор, заведующий кафедрой кристаллографии и кристаллохимии МГУ (1953-1982) - выдающийся советский кристаллограф-кристаллохимик. Н. В. Белову и его ученикам

принадлежит более 1500 печатных работ, установление кристаллохимических структур более 500 минералов и химических веществ. Для развития учения о кристаллохимических структурах особое значение имели перевод Н. В. Беловым "Кристаллохимии" О. Гасселя (1936), которая благодаря его дополнениям увеличилась в 2 раза в объеме, а количество иллюстраций возросло в ней в 10 раз, монография "Структура ионных кристаллов и металлических фаз" (1947), многочисленные специальные работы по рентгеновскому анализу, симметрии, в том числе цветной, четырехмерным пространственным группам и др. Для минералогии большую роль сыграли "Очерки по структурной минералогии", опубликованные в 1950 г. в Минералогическом сборнике Львовского геологического общества, а затем выпущенные в виде отдельной монографии (1976).

Из заслуг Н. В. Белова для минералогии особенно важны разработка теории построения структур на основе плотнейших упаковок, обнаружение многих новых типов структур и основы их мотивов, развитие учения об изо- и гетерополианионных радикалах. В кристаллохимии ему принадлежит разработка "второй главы" - кристаллохимии катионов с низкими силовыми характеристиками (большими эффективными радиусами), в структуре которых определяющая роль принадлежит этим катионам и диортогруппам Si_2O_7 , пришедшей на смену первой "Брэгговской" главе кристаллохимии силикатов с менее основными катионами (с меньшими эффективными радиусами), ведущую роль в структуре которых играют одиночные SiO_4 -тетраэдры. Ему же принадлежит кристаллохимическая трактовка процессов кристаллизации магмы, изящная интерпретация подвижности Si при силификации, проявляющейся в миграции Si из одного тетраэдра плотнейшей упаковки из O в другой - смежный (свободный) без изменения основы структуры - плотнейшей упаковки из атомов O. Именно благодаря работам Н. В. Белова и его школы были объяснены особенности свойств многих минералов, исходя из особенностей их кристаллической структуры, широко распространились наглядные полиэдрические модели структур. Благодаря работам Н. В. Белова и его школы структурная характеристика минералов прочно вошла в арсенал минералогии. Она сейчас является основой интерпретации не только особенностей их физических свойств, но также изоморфизма и генезиса минералов, смены их друг другом в процессах минералообразования.

Наконец, Н. В. Белову принадлежит заслуга организации на базе Минералогического музея Ленинградского горного института первого в мире кристаллохимического музея, использовавшего в своих экспозициях шариковые и полиэдрические модели кристаллохимических структур, изготовленные в специально созданной для этого модельной

мастерской, работой которой он руководил. Эта мастерская затем снабдила моделями структур Московский и Новосибирский университеты, многие институты.

Александр Сергеевич Поваренных (1915-1986) - заведующий отделом минералогии и кристаллохимии Института геологических наук АН УССР (1960-1969), а затем Института геохимии и физики минералов АН УССР (1969-1986), академик АН УССР.

Основным наиболее известным трудом А. С. Поваренных является "Кристаллохимическая классификация минеральных видов" (1966), переведенная на английский язык в США (1972). В ней А. С. Поваренных излагает оригинальную систематику минералов, в основу которой положена их структура, и что особенно ценно дает краткую характеристику структуры каждого из минеральных видов; английский перевод содержит более 1400 литературных ссылок. Описанию структур предшествуют краткий очерк истории минералогии, в которой А. С. Поваренных выделяет 4 периода: доисторический, физический, химический, кристаллохимический, считая последний наиболее важным на то время развития минералогии. Кроме того, он дает общую кристаллохимическую характеристику отдельных крупных таксонов, что несомненно имеет большой интерес для минералогов. Большое значение для отечественной минералогии имел выход в 1962 г. "Минералогических таблиц" Х. Штрунца, редактором перевода которых был А. С. Поваренных*. В них не только была дана краткая структурная характеристика всех известных на то время минеральных видов, но и содержался словарь минералогических названий, содержащий 11124 термина, относящихся к синонимам, разновидностям, минеральным смесям, принятым первоначально за самостоятельные виды. Этот словарь имеет непреходящее значение, фиксируя определенный этап развития минералогии. А. С. Поваренных принадлежит ряд работ теоретического характера, в том числе по связи свойств минералов с их структурой, из которых наибольший интерес представляет книга "Твердость минералов" (1963). Последние годы А. С. Поваренных посвятил подготовке справочника по ИК-спектрам минералов, который, к сожалению, так и не вышел в свет.

Исследование кристаллических структур поставило на совершенно новую ступень кристаллографию, экспериментально подтвердив теоретические представления, выраженные в конце XIX в. Е. С. Федоровым, сделало её современной экспериментальной наукой. Большое значение этих фактов для понимания кристаллических тел было оценено в первую очередь

* На русский язык было переведено 3-е издание "Минералогических таблиц", вышедшее в Лейпциге в 1957 г. (до этого вышли издания в 1941 и 1949 гг.); после этого вышло еще несколько изданий на немецком языке (1966, 1970, 1978).

минералогами и в настоящее время исследованы кристаллические структуры представителей почти всех минеральных видов. Они позволили понять не только связь физических свойств минералов с их структурой, но и особенности распределения отдельных атомов в различных структурных позициях, зависимость их от физико-химических параметров, использования тонких особенностей структуры для геотермо- и барометрии, решения многих других важнейших вопросов. Фундаментальное значение работ по изучению кристаллических структур, в том числе и для направленного синтеза соединений с заданными свойствами определило выход большого числа справочных изданий, включающих результаты их изучения и осмысливания. Здесь достаточно назвать многотомный "Структурберихте" [31], справочники Р. В. Г. Вайкоффа [35], А. Ф. Уэллса [33].

Особое значение в настоящее время приобрели и спектроскопические методы изучения минералов. С одной стороны они позволяют определять элементный состав веществ, с другой - исследовать свойства атомов, ионов, радикалов непосредственно в твердом теле. Это дает возможность определить тип химической связи в веществе, эффективные заряды ионов, их валентность, распределение атомов, ионов, радикалов по неэквивалентным позициям структуры, выяснить состав и строение свободных радикалов, их роль в качестве центров окраски и решить многие другие вопросы, в том числе выявить связь указанных свойств минералов с условиями их образования. Особое значение имеет и то, что все они относятся к неразрушающим методам анализа - в них вещество сохраняется в твердом состоянии, а не превращается в парообразное, как это необходимо для эмиссионного спектрального анализа.

Первыми из серии методов спектроскопии твердого тела начали развиваться в начале 20-х годов этого века рентгеноспектральные методы. Так ещё в начале 20-х годов этого века они успешно начали применяться для элементарного анализа вещества, что вскоре позволило открыть два новых элемента - Hf, открытый в 1923 г. Д. Хевеши и Д. Костером в норвежском и гренландском цирконе и Re, открытый В. и И. Ноддаками в 1925 г. в одной из фракций колумбита. Затем эти методы анализа вслед за В. М. Гольдшмидтом стали всё шире применяться для определения соотношения элементов, трудно разделяемых в ходе химического анализа - редких земель, Zr и Hf, Ta и Nb, V и Cr и др. С 1940-1950 гг. эти определения стали обычными для минералогов и геохимиков, занимающихся изучением соответствующих минералов.

В 1950 г. Р. Кастэном во Франции, И. Б. Боровским и Н. И. Ильиным в СССР был создан микрозондовый рентгеновский анализатор, позволявший определять состав вещества в зёрнах размером в несколько кв. мкм. Интенсивное развитие этот метод

получил в 1960-1970 гг. после разработки удобных в обращении приборов, позволяющих не только определить химический состав веществ в точке, но получать картину распределения отдельных химических элементов в изучаемом объекте, его морфологию путём сканирования поверхности электронным лучем. В настоящее время эти методы очень широко используются в минералогии; они же сделали возможным изучение тончайших смесей и сростаний минералов, выяснение особенностей морфологии, структуры и состава мельчайших минеральных частиц.

В 1944 г. Е. К. Завойским было открыто явление электронного парамагнитного резонанса (ЭПР), в 1945 г. - Ф. Блохом и Е. Парселом - ядерного магнитного резонанса (ЯМР), в 1949 г. - Х. Г. Демельтом и Х. Крюгером - ядерного квадрупольного резонанса (ЯКР), в 1958 г. - Р. Мессбауэром - гамма-резонанса (ЯГР). Все это резко расширило возможности спектроскопии твёрдого тела, охватив широкую спектральную область: гамма-излучения от ядерных уровней (ЯГР), рентгеновского излучения от переходов электронов на внутренних электронных уровнях, оптической спектроскопии от переходов электронов на внешних электронных уровнях, миллиметровых-сантиметровых длин волн для электронных спиновых подуровней (ЭПР), метровых-километровых длин волн для ядерных спиновых (ЯМР) и ядерных квадрупольных подуровней (ЯКР), что позволяет устанавливать тончайшие особенности состояния отдельных элементов и их групп в минералах. Эта информация весьма существенна не только для понимания состава и состояния минералов, но и решения многих генетических вопросов, существенного расширения типоморфных признаков минералов, разработки принципиально новых способов их поисков, переработки.

Огромный скачок в XX в. сделало исследование парагенезиса минералов, развившееся в учении о парагенезисе, не только прочно базирующееся на физической химии, но и развившее ряд её разделов. Развитие этого направления опирается на работы конца XIX-начала XX в. Дж. Г. Гиббса и Вант-Гоффа, о которых речь шла выше, и связано, в основном, с именами Н. С. Курнакова, В. М. Гольдшмидта, Н. Л. Боуэна, П. Ниггли, А. Н. Заварицкого, Д. С. Коржинского, В. С. Соболева и многочисленных их последователей.

Николай Семёнович Курнаков (1860-1941; в 1940 г. в его честь назван минерал курнаковит), выпускник Петербургского горного института (1882), профессор неорганической, а затем аналитической химии того же института (с 1893 г.), организатор ряда академических институтов, в том числе института общей и неорганической химии АН СССР (1934), академик (с 1913 г.), известен крупным вкладом в исследование металлических

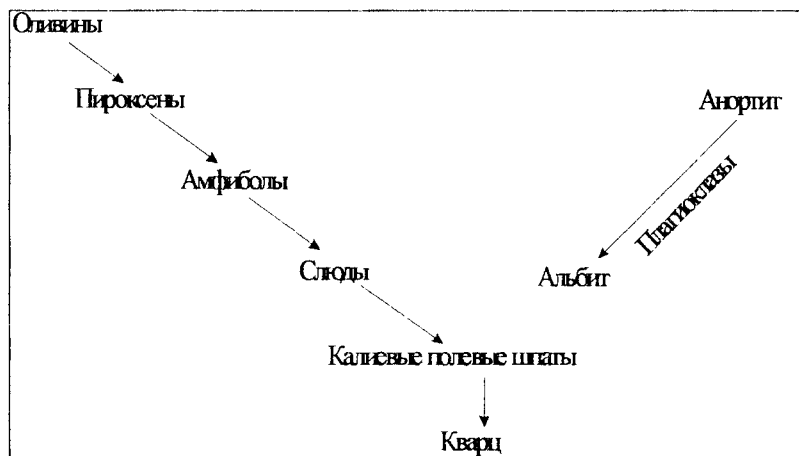
сплавов, диаграмм состояния металлов и солей; доказал существование соединений переменного состава, которые предложил называть бертоллидами, образование соединений при распаде и упорядочении твёрдых растворов, является основоположителем физико-химического анализа, использованного им и его учениками не только при исследовании металлических, но также солевых систем и органических веществ. Этому в большой мере способствовало изобретение Н. С. Курнаковым в 1903 г. оптического пирометра, послужившего основным прибором при термическом исследовании диаграмм состояния при разработке основ термического и физико-химического анализа. На принципах, заложенных в пирометре Курнакова, основаны и многие из современных приборов, используемых для указанных исследований. Н. С. Курнаков с сотрудниками изучил условия кристаллизации солей Кара-Богаз-Гола и дал научную основу их переработки. В 1916 г. совместно с К. Ф. Белоголовым обнаружил калийные соли близ Соликамска, на базе которых в 1927 г. был создан крупный комбинат по их переработке, заложивший основы отечественной калийной промышленности. Работы Н. С. Курнакова в большой мере способствовали развитию промышленности по выплавке Al и Mg, производству минеральных удобрений, аффинажу платиновых металлов.

Виктор Мориз Гольдшмидт (1888-1947; в его честь в 1937 г. названа гольдшмидтином разновидность стефанита) - профессор минералогии и геологии, директор Геологического музея университета в Осло (Норвегия). Одним из первых применил правило фаз Гиббса и законы физической химии к анализу минеральных ассоциаций контактного метаморфизма (1911) и сформулировал минералогическое правило фаз; число минералов в ассоциации равно числу компонентов, ограниченность которого в 1936 г. была показана Д. С. Коржинским.

Большое значение имеют работы В. М. Гольдшмидта по кристаллохимии, одним из основоположителей которой он является. Его работа "Кристаллохимия", переведенная на русский язык в 1937 г., до сих пор не потеряла своего большого значения. Особое внимание он уделял определению ионных радиусов, анализу условий изоморфизма; ему принадлежит формулировка важнейших правил кристаллохимии. Эти же работы имели большое значение и в развитии геохимии, одним из основоположников которой является В. М. Гольдшмидт. На основе кристаллохимии он анализировал условия распределения элементов в различных минералах, условия их миграции и концентрации. Опираясь на кривую изменения атомного объема элементарных веществ от атомного номера, В. М. Гольдшмидт разделил все элементы на 4 группы; 1) литофильные, 2) сидерофильные, 3) халькофильные, 4) атмофильные, показав специфическую роль каждой из них в химии земной коры; это

разделение сохраняется многими авторами в той или иной форме и до сих пор.

Норман Леви Боуэн (1887-1956) - научный сотрудник Геофизической лаборатории Института Карнеги в Вашингтоне (1912-1937 и 1945-1952), заслуженный профессор петрографии Чикагского университета (1937-1945), член Национальной АН США. Экспериментально изучил важнейшие силикатные системы, определяющие образование породообразующих минералов главных изверженных и метаморфических пород ($MgO - SiO_2$, $Al_2O_3 - SiO_2$, $MgO - FeO - SiO_2$, $CaO - FeO - SiO_2$, $MgO - SiO_2 - H_2O$, $NaAlSi_3O_8 - KAlSi_3O_8 - H_2O$). На основе этих экспериментов и теоретических физико-химических данных создал первую законченную физико-химическую теорию процессов образования основных типов изверженных пород, изложенную кратко в статье в 1915 г., а затем в книге "Эволюция изверженных горных пород" (1928). В ней Н. Л. Боуэн развил представления о кристаллизационной дифференциации в ходе магматического процесса по двум направлениям (вилке Боуэна). Совместно с О. Ф. Татлом доказал



звектичность состава гранитов. Идеи Боуэна об образовании основных типов горных пород господствовали в науке более 20 последующих лет. Известен и рядом других своих петрологических работ, в частности монографией "Прогрессивный метаморфизм кремнистых известняков и доломитов" (1940).

Пауль Ниггли (1888-1953; в 1936 г. в его честь назван минерал нигглиит) - профессор Лейпцигского (1915-1918), а затем Тюбингенского университетов (1918-1920), директор Института минералогии и петрографии Высшей технической школы в Цюрихе, Швейцария (с 1920), иностранный член-корреспондент

АН СССР (1924). П. Ниггли широко использовал физическую химию в интерпритации условий образования магматических и метаморфических минералов и горных пород, что нашло широкое распространение после выхода его монографий "Метаморфизм горных пород" (перевод на русский язык в 1933 г.) и "Магма и её продукты" (перевод на русский язык в 1946 г.). Он же автор монографий "Геометрическая кристаллография дисконтиинума" (Лейпциг, ч. 1-2, 1918-1919), "Провинции минералов и горных пород" (1923), "Учебник минералогии и кристаллохимии" (Тома 1-2, 3-е изд., 1941-1944), "Осиовы стереохимии" (Базель, 1945) и др., оказавших значительное влияние на развитие минералогии, петрологии, стереохимии.

Александр Николаевич Заварицкий (1884-1952; в 1962 г. в его честь назван минерал заварицкит) - ученик К. И. Богдановича и Е. С. Федорова, ассистент (1909), профессор (1921) Ленинградского горного института, заведующий кафедрой петрографии (до 1939), академик (с 1939), директор (1939), а затем заведующий петрографическим отделом Института геологических наук, первый директор лаборатории вулканологии АН СССР (1944), преобразованной затем в Институт вулканологии. А. Н. Заварицкий ученый широкого профиля, много работавший по изучению месторождений г. Магнитной, корунда, асбеста, платины, медноколчеданных и других месторождений Урала, исследованию условий их залегания, петрографии различных горных пород, вулканологии. Для минералогии особо большое значение имеет разработка А. Н. Заварицким оптических методов исследования минералов и физико-химических осиев минералогии и петрографии. Его книга "Физико-химические осиевы петрографии изверженных горных пород" (1926), готовившаяся им к переизданию, доработанная В. С. Соболевым и изданная под тем же названием (1961, переведенная на ряд языков, сыграла огромную роль в распространении физико-химических методов анализа процессов образования минералов и горных пород, в распространении этого анализа среди минералогов, петрографов, вулканологов, подготовки соответствующих кадров.

Интересно, что работы по вулканологии *"привели А. Н. Заварицкого к выдающемуся открытию, явившемуся одним из основных положений современной геодинамики, - открытию сейсмофокальных зон, получивших впоследствии на западе название "зон Бенъофа", но справедливо именуемых советскими геологами "зонами Заварицкого-Бенъофа"* (по [3], с. :). Соответствующая статья А. Н. Заварицкого появилась почти на 4 года раньше статьи Х. Бенъофа. В вулканологии А. Н. Заварицкому принадлежит много других фундаментальных работ и открытий.

Дмитрий Сергеевич Коржинский (1899-1985; в 1963 г. в его честь назван минерал коржинскит) - ассистент, доцент,

профессор Ленинградского горного института (1929-1940), заведующий петрографической секцией ЦНИГРИ (ныне ВСЕГЕИ), старший научный сотрудник, затем заведующий отделом Института геологических наук (ныне ИГЕМ) АН СССР (1937-1985), директор Института экспериментальной минералогии АН СССР (1969-1979), член-корреспондент (1943), академик (1953) АН СССР. Д. С. Коржинский внёс очень крупный вклад в развитие учения о парагенезисе минералов. Основная его заслуга в этом отношении заключается в творческом развитии учения о физико-химическом равновесии, распространении его на открытые системы, столь обычные в природе, то есть такие системы, "которые могут обмениваться с окружающей средой также и веществом, при соблюдении определенных условий". В связи с этим Д. С. Коржинский ввёл понятие об инертных компонентах, роль которых аналогична компонентам закрытых систем, и вполне подвижных компонентах, т.е. таких компонентах закрытых систем, которые играют в них роль фактически интенсивных параметров, которыми становится их концентрация (химический потенциал). Подобный подход к анализу физико-химических условий равновесия явился столь новым, что до сих пор его ещё не смогли осознать многие из химиков, привыкших иметь дело с закрытыми системами.

Для анализа природных парагенетических ассоциаций Д. С. Коржинский, очевидно, первым стал применять многопучковые парагенетические диаграммы, получившие широкое распространение в настоящее время. Первые работы Д. С. Коржинского по парагенетическому анализу относятся к 1936 г. Систематическое его изложение дано в монографиях "Физико-химические основы анализа парагенезисов минералов" (1957) и "Теоретические основы анализа парагенезисов минералов" (1973), применение этих методов для анализа природных объектов - в монографиях "Биметасоматические флогопитовые и лазуритовые месторождения архея Прибайкалья" (1947), "Петрология Турьинских скарновых месторождений меди" (1948) и др.

Особое значение имела разработка Д. С. Коржинским теории скарнообразования. Д. С. Коржинский показал, что скарны возникают не в результате специфического метаморфизма или воздействия особых скарнообразующих растворов, а как продукт метасоматического взаимодействия изверженных алюмосиликатных пород с карбонатными породами в условиях движения высокотемпературных флюидов и растворов. Эта теория позволила скарны и процессы их образования систематизировать на новой основе, понять последовательность развития процессов их возникновения, зональность и многие другие специфические особенности скарнов.

Существенной заслугой Д. С. Коржинского является и теория опережающей волны кислотности, по которой развитие

постмагматических процессов (пневматолитовых и гидротермальных) первоначально сопровождается повышением кислотности минералообразующих сред с выщелачиванием оснований из вмещающих пород. Это явление сопровождается увеличением их пористости и проницаемости. Затем происходит снижение кислотности, выделение вещества из минералообразующей среды, закупорка пор, "выдавливание" этих сред в трещины и полости с отложением в них оснований. Эта теория Д. С. Коржинского пришла на смену пульсационной теории рудообразования и находится в хорошем соответствии с природными явлениями.

Кроме того, Д. С. Коржинскому принадлежит большое число работ по изучению различных типов месторождений полезных ископаемых с особым вниманием к физико-химическому анализу условий их образования, концентрации полезных компонентов. Многие работы Д. С. Коржинского были связаны с решением конкретных вопросов поисков и разведки месторождений полезных ископаемых; по его прогнозам открыто Алданское месторождение флогопита. Д. С. Коржинский явился организатором в системе АН СССР специализированного Института экспериментальной минералогии, первым директором которого он был, завоевавшего в настоящее время передовые рубежи в исследовании физико-химических процессов эндогенного минералообразования, опирающегося на экспериментальное изучение различных физико-химических систем.

Владимир Степанович Соболев (1908-1982; в 1983 г. в его честь назван минерал соболевит) - ученик А. Н. Заварицкого, А. К. Болдырева, С. С. Смирнова - с 1931 г. работал в Ленинградском горном институте (1943-1945 - заведующий кафедрой минералогии ЛГИ, директор Федоровского института), заведующий кафедрой петрографии Львовского университета (1945-1958), заведующий кафедрой минералогии и петрографии Новосибирского университета (1958-1981), заместитель директора Института геологии и геофизики СО АН СССР (1958-1981), директор Минералогического музея им. А.Е.Ферсмана АН СССР (1981-1982), член-корреспондент АН УССР (1951), академик АН СССР (1958). Многие из работ В. С. Соболева носят геолого-петрографический характер. Среди них "Петрология траппов Сибирской платформы" (1936), опираясь на которую и последующие исследования В. С. Соболев ещё в 1939-1940 гг. прогнозировал возможность открытия месторождений алмаза на севере Сибири и в районе Вилюя, где они и были вскоре открыты с использованием минералогических методов поисков. Для минералогии особенно большое значение имеют работы В. С. Соболева по исследованию оптических свойств минералов, в том числе его "Федоровский метод" (1954), "Физико-химические

основы петрографии изверженных горных пород" (1961, совместно с А. Н. Заварицким) и 4-х томный коллективный труд "О фациях контактового и регионального метаморфизма" (1970-1974), подготовленный под редакцией В. С. Соболева, в котором не только излагаются основы физико-химического анализа применительно к геолого-минералогическим (петрологическим) задачам, но и приведены превосходные примеры его приложения к решению широкого круга конкретных вопросов. Большое влияние на формирование многих поколений минералогов оказало "Введение в минералогию силикатов" (1949), в котором В. С. Соболев мастерски показал связь между структурой минералов, их свойствами, условиями образования. Ему же принадлежит химико-структурная систематика минералов, использованная в "Курсе минералогии" Е. К. Лазаренко.

В развитии физико-химических методов анализа, их приложения к исследованию условий образования медно-никелевых и связанных с ними платиновых месторождений особая заслуга принадлежит Михаилу Николаевичу Годлевскому (1902-1984); в 1969 г. в его честь назван минерал годлевскит).

В XX в. большой прогресс отмечается и в развитии нового направления минералогии - космической минералогии. Первоначально он был связан с интенсивным исследованием метеороидов, их структуры, минерального состава, что нашло своё отражение, в частности, в монографиях П. Рамдора - "Рудные минералы каменных метеороидов" (Берлин, 1973), Г. П. Вдовыкина - "Метеороиды" (Москва, 1974), Б. Мэйсона "Метеороиды" (перевод на русский язык, 1965) и др. С освоением космического пространства всё больше сведений появляется по минералогии других небесных тел. Первой монографией, подводящей некоторый итог исследованиям в этой области, является работа Дж. Фронделя "Минералогия Луны" (перевод на русский язык, 1978). Эти исследования показали существенные особенности состава минералов иных космических тел, отличающих их от минералов Земли, специфические черты их структур, парагенезиса, условий образования и здесь предстоит еще множество открытий.

XX в. характеризуется интенсивным развитием кристаллографии, главным образом экспериментальной, позволившей непосредственно исследовать кристаллические структуры, о чём речь уже шла выше, развить методики выращивания кристаллов в самых разных условиях. Наряду с этим продолжалось и изучение кристаллических форм, в первую очередь реальных, имеющих первостепенное значение для минералогии. В этом особая заслуга принадлежит И. И. Шафрановскому.

Иларион Иларионович Шафрановский (р. 1907 г.) - профессор, заведующий кафедрой кристаллографии, профессор-

консультант Ленинградского горного института. Особое значение имеют его работы по формам реальных кристаллов, реальному кристаллообразованию - "Кристаллы минералов" (1957, 1961), "Лекции по кристалломорфологии" (1960 и 1968; английский перевод 1973 г.), "Очерки по минералогической кристаллографии" (1974). В них И. И. Шафрановский впервые в мире всесторонне проанализировал внешние формы реальных кристаллов, в том числе скелетные, неполногранные, с искаженной симметрией, показал, используя принцип дисимметрии Кюри, зависимость внешней формы от симметрии кристаллизационной среды. Таким образом он первый в истории науки предлагает рассматривать внешнюю форму кристаллов на динамической основе - взаимосвязи структуры и кристаллообразующей среды. Этот подход, сопровождающийся анализом всех возможных неполногранных кристаллических форм, оказался весьма продуктивным в анализе условий кристаллизации минералов; он дал в руки исследователей совершенно новые возможности.

Кроме того, И. И. Шафрановский вывел 1403 структурно-кристаллографические разновидности простых форм, составил комбинации главных и второстепенных форм кристаллов различных сингоний и рассмотрел многие другие вопросы, важные для минералогической кристаллографии. Ему принадлежит весьма популярный "Курс кристаллографии", выдержавший 5 изданий и переведенный на ряд языков народов СССР и зарубежных стран.

Успехи минералогии в XX в. теснейшим образом связаны и с успехами новых направлений физики - теории строения атома, квантовой механики, учения о радиоактивности, учения об изотопах. Они связаны, в первую очередь, с именем Э. Резерфорда, Ф. Содди, Г. Мозли, Н. Бора, О. Гана, Э. Шредингера, М. Планка (1858-1947), Л. К. Полинга, Ф. Жолио-Кюри и их последователями, из которых ниже кратко охарактеризуем лишь тех ученых, имена которых закреплены в названиях минералов - Э. Резерфорда, Ф. Содди, Ф. Жолио-Кюри.

Эрнест Резерфорд (1871-1937; в 1906 г. в его честь назван минерал резерфордин) - заведующий кафедрой физики Монреальского университета, Канада (1897-1907), профессор Манчестерского университета (1907-1919), Кембриджского университета и директор Кавендишской лаборатории (с 1919), член Лондонского Королевского общества (с 1903), почётный член АН СССР. В 1899 г. впервые обнаружил, что лучи радиоактивных элементов имеют разную проникаемость и дал им названия α - и β -лучей. В 1900 г. самостоятельно открыл новый элемент - эманацию тория - радон. Первым объяснил, что энергия, выделяющаяся при радиоактивном распаде, связана с превращениями атомов химических элементов. Совместно с Ф. Содди создал в 1903 г. теорию радиоактивного распада; они же

доказали существование в продуктах распада новых радиоактивных элементов. Совместно с Т. Гейгером разработал счётчики радиоактивного излучения, широко используемые и в настоящее время. В 1911 г. Э. Резерфорд предложил планетарную модель атома, на основе которой в 1913 г. Н. Бор развил квантовую теорию строения атома. В 1919 г. впервые обнаружил превращения атомов нерадиоактивного элемента (N) под ударом α -частиц в атомы другого элемента (O). Ему принадлежит большое число других фундаментальных исследований природной и искусственной радиоактивности, ряда других вопросов физики. Э. Резерфорд изучал радиоактивность природных веществ и определил абсолютный возраст многих минералов. Среди его учеников Г. Мозли, Дж. Чедвик, Дж. Кокрофт, Н. Бор, Г. Гейгер., О. Ган, П. Л. Капица, Ю. Б. Харитон и др., внесшие существенный вклад в развитие многих направлений экспериментальной и теоретической физики., её использования в прикладных целях.

Фредерик Содди (1877-1956; в 1922 году в его честь назван минерал соддиит) в 1900-1902 гг. Работал под руководством Э. Резерфорда в Монреальском университете, в 1903-1904 – под руководством У. Рамзая – в Лондонском университете; преподавал в университетах Глазго (1904-1914), Абердине (1914-1919), Оксфорде (1919-1936). Совместно с Э. Резерфордом в 1936 г. предложил теорию радиоактивного распада. Совместно с У. Рамзаем спектроскопически доказал возможность получения He из Ra. В 1915 г доказал, что Ra образуется при радиоактивном распаде U. Анализируя возможные места положения продуктов радиоактивного распада в Периодической системе, пришел к необходимости введения понятия изотопов (нуклидов), открывшего широкие горизонты для анализа многих явлений, в том числе радиоактивного распада минералов, изотопного их состава. Его использования для генетических построений и определения абсолютного возраста минералов, становления радиогеологии и геологии изотопов, чему посвящены усилия большой армии ученых.

Фредерик Жолио-Кюри (1900-1958 ;в 1977 г. В его честь назван минерал жолитит) заведующий кафедрой ядерной химии и кафедрой экспериментальной физики в Коллеж де Франс, глава лаборатории ядерного синтеза (с 1937 г.) “ Национального центра научных исследований” Франции, с 1946 г. по 1950 г. – руководитель созданного им Комиссариата по атомной энергии, член Парижской АН (с 1943 г.), иностранный член-корреспондент АН СССР (с 1947 г.). Исследовал радиоактивные элементы (Po, Sm и др.) . Ф. Жолио-Кюри принадлежат основополагающие работы по радиоактивности , изучению элементарных частиц, практическому использованию атомной энергии в мирных целях, многие из которых были выполнены им совместно с его женою

Ирен Жолио-Кюри (р. 1897) - дочери М. и П. Кюри. В 1934 г. Ф. и И. Жолио-Кюри открыли явление искусственной радиоактивности, явившееся крупнейшим открытием в ядерной физике XX в. Оно не только позволило понять явление радиоактивности, открыть и исследовать многие новые элементарные частицы, синтезировать трансурановые элементы, но и использовать эти явления в разработке атомных электростанций, атомных двигателей, атомного оружия.

Таким образом развитие минералогии и тесно связанных с ней кристаллографии, сопредельных областей химии, физики, естествознания в целом начинается в XX веке, с одной стороны, с подведения итогов огромных достижений науки XIX в., отраженных в многотомных справочниках К. Хинтце, К. Делтера, В. Гольдшмидта и т. д., с другой - с интенсивного развития учения о радиоактивности, рентгенографических методов, теоретического осмысливания линейчатых спектров атомов, приведшего к созданию квантовой механики.

Появляется обширный экспериментальный материал по кристаллическим структурам минералов и многих неорганических веществ, создаются кристаллохимия и структурная минералогия, кристаллохимическая классификация минералов. В интервале с 1944 по 1958 г. открывается целый ряд новых спектральных явлений, послуживших к разработке аппаратуры, позволяющей исследовать спектры минералов от рентгеновских до метровых-километровых длин волн, что обеспечивает огромный поток новой информации о красящих центрах в минералах, их дефектности, многих других деталях их строения и состояния, развитие множества новых аналитических методов, в том числе локальных, позволяющих определять состав и структуру у зерен до 1 мкм в поперечнике.

Интенсивно развивается учение о физико-химическом равновесии, основы физико-химического анализа, экспериментальные исследования минералообразования, в том числе в магматических, гидротермальных условиях, при высоких и сверхвысоких давлениях. Все это дает огромный импульс в развитии учения о парагенезисе минералов, физико-химических основ минералогии и петрографии.

Наряду с этим фактически с начала 60-х годов этого века начинает интенсивно развиваться учение о строении и генезисе минеральных индивидов и агрегатов - онтогенеза минералов.

Все эти достижения минералогии сопровождаются интенсивным изучением месторождений, накоплением новых данных по геологии минералов и их месторождений, открытием множества новых минеральных видов, парагенезисов минералов. Интенсивно развиваются минералогические музеи - с одной стороны быстро растут фонды старых музеев, с другой - создается

множество новых музеев. Так с начала века до 1977 г. появляется 195 новых музеев, в том числе 58 - в США.

Существенный прогресс происходит в исследовании минералов различных космических тел, развитие которого намечается в ближайшем будущем по мере освоения космического пространства.

В XX в. открывается еще 9 новых элементов - Fg; Pa; Pm; Hf; Lu; Tc, Re; At; Rn, заполняющих все свободные места Периодической системы элементов, причем 4 из них были выделены непосредственно при анализе минералов (см. табл. 1 и 2). Огромное теоретическое и практическое значение имеет открытие в XX в. искусственной радиоактивности, использование её для синтеза новых трансурановых элементов, среди которых Nb и Pu - элементы ядерных реакторов и атомного оружия.

Интенсивное исследование физических свойств минералов привело к широкому использованию их в различных новых приборах и физических устройствах. В качестве примера можно назвать широкое применение кристаллов галенита и некоторых других минералов в детекторных приёмниках тридцатых - начала сороковых годов, кварца в различных модуляторах частоты и т.п. приборах, турмалина в эхолотаторах. Эти исследования существенно способствовали развитию новых областей физики твердого тела, прежде всего физики полупроводников, кристаллов и многих других. Они же способствовали разработке методов выращивания кристаллов синтетических минералов с заданными составом, свойствами (рубина, алмаза, парателлурита, прустита и многих др.), синтезу и выращиванию структурных аналогов минералов (например, алюминатов со структурой граната - гранатитов), развитию промышленности по синтезу и выращиванию веществ, важных для народного хозяйства, развития новейших направлений приборостроения и вычислительной техники.

Заключение

Подводя некоторый итог изложенному следует прежде всего отметить, что минералогия относится к фундаментальным наукам, позволяющим человеку познавать окружающий мир. Отсюда, с одной стороны, естественный интерес любознательного человека к камням, которые его окружают в мире, с другой - исследование их для использования в своей непосредственной жизни, практике - как компонентов пищи, сырья для различных ремесел и промышленности. Именно этим объясняется древность интереса человека к минералам, опередившего на многие тысячелетия формирование минералогии как науки. Первоначально знания по минералам накапливались параллельно с

развитием общих представлений об окружающем мире. В эту эпоху камни используются как украшения, орудия труда и войны. Дальнейшее накопление минералогических знаний связано с развитием металлургии, а затем алхимии, ятрохимии, неорганической химии. Здесь достаточно сказать, что все руды и большинство флюсов, используемых в металлургии, это различные минералы. Минералы же явились и основным объектом керамистов, а затем алхимиков и химиков-неоргаников. Практически синтез всех неорганических соединений базируется в конечном счете на использовании определенных минералов или продуктов их переработки. Огромное значение имело исследование минералов и в открытии новых элементов. Так из 92-х природных химических элементов 60 было открыто непосредственно в виде минералов (самородные элементы типа Cu, Ag, Au, Pt, S и др.) или при их изучении (см. табл. 1 и 2). В свою очередь это нашло отражение и в названиях элементов, 24 из которых связаны с названиями минералов, а 18 - даны по названию минералов, при исследовании которых они были открыты (см. табл.4). Прогресс в этой области при этом отчетливо связан с развитием методов анализа минералов и неорганических веществ (рис. 1, табл.6), позволяющих выделять все более и более химически активные элементы или обнаруживать элементы с близкими химическими свойствами по их физическим особенностям, например, оптическим, а затем и рентгеновским спектрам.

Первым элементарным веществом, с которым познакомился человек не сознавая этого, был углерод. Впервые человек с ним встретился сразу же после открытия огня, т.е. около 500- 400 тысяч лет назад в виде древесного угля. И потребовалось несколько сотен тысячелетий, пока он осознал, что это элементарное вещество, хотя древесный уголь уже в конце неолита нашел себе применение как восстановитель целого ряда металлов из руд и дал возможность развития металлургии.

Затем в круг его деятельности и знаний стали попадать наиболее инертные элементарные вещества, характерные для элементов с достаточно высоким кларком, относящихся к тяжелым d-элементам, имеющим более пяти d-электронов - Fe, Cu, Ag, Au, Hg, Zn и элементарные вещества р-элементов, отличающиеся достаточной устойчивостью, легкостью своего восстановления из природных минералов и относительно высокими кларками - Sn, Pb, As, Sb, Bi. Среди них особое положение занимает элементарная сера, ставшая известной доисторическому человеку несмотря на свою высокую химическую активность, благодаря вулканическим и биогенным процессам, при которых образуются

* Древесный уголь стал заменяться в металлургии на каменный лишь в XVII в. после разработки Р. Бойлем основ соответствующего металлургического процесса.

крупные её скопления. Позже стал известен и элементарный фосфор. Все эти элементы группируются в "хвосте" Периодической системы (табл. 7), что является вполне закономерным.

Развитие анализа с помощью паяльной трубки, основанного на микрометаллургических процессах, объёмного и весового анализа, затем электрохимических методов и газового анализа привело к резкому увеличению числа элементов, известных в конце XVIII в. (см. табл. 3), причём новые элементы - это как правило элементы с повышенной химической активностью в элементарном состоянии (Al, Mg, Ca, Ba и др.). В то же время к элементам в этот период относили не только элементы в чистом виде, но их оксиды - "земли".

Дальнейшее развитие аналитических методов и прежде всего оптической спектроскопии привело к резкому увеличению известных элементов и в первую очередь за счет элементов, скрытых в качестве примесей в элементарных веществах элементов с более высокими кларками. При этом незнание многих из элементов (табл. 8) не остановило Д. И. Менделеева перед открытием периодического закона - триумфа теоретической химии XIX в., являющегося основой для анализа многих важнейших закономерностей химии, геохимии, минералогии, кристаллохимии, физики и многих других наук вплоть до настоящего времени.

По мере развития естественных наук, накопления фундаментальных знаний происходит постепенная их дифференциация. Для каждой науки конкретизируется объект исследования, применяемые методы. Таким образом, минералогия постепенно выделяется из химии (алхимии), металлургии, горного дела. Изменяются и объекты её исследования. Если первоначально это были любые камни, любые твердые тела, в том числе горные породы, палеонтологические остатки, то уже в конце XVIII в. из неё вычлняются горные породы и окаменелости, становящиеся объектом изучения геогнозии. Минералоги концентрируют своё внимание на твердых, в основном кристаллических природных телах. При этом ещё нет четкой дифференциации минералогии и химии. Поэтому большинство крупных минералогов являются в то же время крупными химиками-неорганиками, анализировавшими минералы, открывавшими в них новые элементы, получившими из них новые химические соединения.

В конце XVIII в. происходит и становление кристаллографии как самостоятельной науки, выросшей в недрах минералогии и тесно связанной с нею не только в XIX в., но и по настоящее время.

Объект минералогии существенно расширяется в конце XIX - начале XX в. В. И. Вернадским, рассматривавшим минералогию как химию земной коры и включающим в её объекты, как это принято для химии, вещества во всех трех

Таблица 6

Хронология методов, использованных при открытии элементов
(элементы перечислены в последовательности их открытия)

Время открытия	Метод открытия и открытые элементы
Доисторические времена	Находка в самородном состоянии: C, S, Au, Cu, Ag, Fe, Bi Металлургические методы: а) обжиг: Hg, As (оксид) б) восстановление древесным углем: 1) в металлургических печах: Fe, Cu, Ag, Au, Zn, Sn, Pb, As, Sb, Bi.
Средневековье	Химическими реакциями: P
XVIII в.	Металлургические методы: б) восстановление древесным углем: 2) выплавление на угле королька перед паяльной трубкой: Co, Ni 3) восстановление в тигле: Mn Газовый анализ: N, H, O, Cl Находка в самородном состоянии: Pt Химико-аналитические методы: Ba, W, Te, Zr, U, Ti, Sr, Mo, Y, Cr, Be
XIX в.	Nb, Ta, La, Ce, Rh, Pd, Os, Ir, I, Li, Se, Cd, Si, Br, Th, V, Tb, Ru, Yb, Sc, Er, Pr, Nd, Ge, Lu. Электрохимические методы: Na, K, Mg, Ca, B, Al, F. Метод оптической спектроскопии: Rb, Cs, Tl, In, Hc, Ga, Sm, Ho, Tm, Gd, Eu, Dy, Ne, Kr. Фракционирование жидкого воздуха: Ar, Xe. Радиохимические методы: Po, Ra, Ac.
XX в.	Rn, Pa, Fr. Методы рентгеновской спектроскопии: Hf, Re. Синтез в результате облучения: Tc, At, Pm; трансурановые элементы.

Таблица 7

Положение элементов, известных с доисторических времен (жирный шрифт) в Периодической системе.

Периоды	Подгруппы								
	VIII b			I b	II b	III a	IV a	V a	VI a
2						B	C	N	O
3						Al	Si	P	S
4	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se
5	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te
6	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po
	← d-элементы →					← p-элементы →			

агрегатных состояниях, т. е. газы, жидкости и твёрдые тела. Такой подход позволил В. И. Вернадскому существенно раздвинуть границы минералогии, исследовать многие общие фундаментальные пограничные явления, их взаимосвязь. Это же привело к появлению ряда новых самостоятельных наук - геохимии, гидрохимии, биохимии и др. Однако дальнейшее развитие наук этого цикла снова сузило объект минералогии вплоть до твёрдого кристаллического вещества или вещества, бывшего в кристаллическом состоянии, встречающегося в природе в виде отдельных минеральных индивидов, характеризующихся физическими границами раздела. Последнее, кстати, не характерно для газов или водных растворов, рассматривавшихся В. И. Вернадским в качестве минералов, поскольку первые образуют единую атмосферу, а вторые - гидросферу с локальными колебаниями химического состава.

Развитие минералогии породило появление целого ряда новых наук, о чем уже говорилось. Среди них особого внимания заслуживают кристаллография и кристаллохимия, для которых важнейшим является тесная связь с минералогией, а не отход от неё, к чему ведут работы многих исследователей. В связи с этим представляется целесообразным напомнить высказывания В. И. Вернадского, который предупреждал об опасности отрыва кристаллохимии от того субстрата - вещества, минерала, - на котором она зародилась. Так он писал: *"Новая кристаллохимия становится самодавляющей. Методика работы уточняется, и в связи с этим возникают новые теоретические вопросы. Но в таком самодавляющем развитии коренится опасность отхода от почвы, на которой кристаллохимия создавалась - отхода от химии и минералогии. Это обычное явление для всех кристаллографических дисциплин, где геометрический анализ позволяет чрезвычайно углублять и расширять область знания, но делает его более абстрактным, т.е. не включает некоторых сторон явления, которые теоретикам кажутся не имеющими основного значения - второстепенными"* (по [3], с. 28).

Далее В. И. Вернадский снова касается ограниченности развившейся в то время кристаллохимии, считая, что некоторые из рассмотренных им недостатков являются методологическими. В связи с этим В. И. Вернадский пишет: *"Это связано с другой методологически слабой чертой современной кристаллохимии - с резким преобладанием в ней чисто физических и геометрических представлений и недостаточной оценкой их химического значения (химические функции тел оставляются в стороне)"* (там же, с. 38).

Фактически от этого недостатка кристаллохимия не избавилась и до сих пор. В ней продолжают преобладать физико-геометрические, а отнюдь не химические характеристики - ионные и другие радиусы, катионные и анионные полиэдры, плотнейшие

Таблица 8

Положение элементов, известных Д.И. Менделееву в момент открытия им Периодического закона (1869 г.), в Периодической системе (выделены полужирным шрифтом)

Период	Подгруппа																																						
	Ia	IIa	IIIc	IVc	Vc	VIc	VIIc	VIIIc	IIc	IIIc	IVc	Vc	VIc	VIIc	VIIIc	IIc	IIIb	IVb	Vb	VIb	VIIb	VIIIb	Ib	IIb	IIIa	IVa	Va	VIa	VIIa										
1	H	He																																					
2	Li	Be																								B	C	N	O	F									
3	Na	Mg																								Al	Si	P	S	Cl									
4	K	Ca																							Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br
5	Rb	Sr																						Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	
6	Cs	Ba	La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At								
7	Fr	Ra	Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr	Ku																					

Примечание: В 1869 г. в своей таблице Д.И. Менделеев резервировал места для **Sc** (указывал ат. вес 45), **Hf** (180), **Ga** (68), **Ge** (70)

упаковки. Теми же особенностями грешат и так называемые кристаллохимические систематики минералов, являющиеся по сути структурно-геометрическими. Это, с одной стороны, приводит к помещению в разные, далеко отстоящие друг от друга, таксоны генетически близких минералов, примером чему служат вольфрамиты и вольфраматы и молибдаты типа шеелита. Первые из них А. С. Поваренных [14] отнёс к сложным оксидам ($KЧ у Fe, Mn = KЧ у W = 6$), а вторые - к оксоосолям, рассматриваемым перед классами хроматов (с селенатами) и сульфатов. С другой стороны формальный учёт такого геометрического признака как $KЧ у Al = 4$ привел А. С. Поваренных к выделению роговой обменки, авгита и других минералов с $(4)Al$ как алюмосиликатов из семейств амфиболов и пироксенов, с которыми они тесно связаны химизмом, свойствами и генезисом, отнесённых им к собственно силикатам [15].

Фактически то же самое происходит в настоящее время с "физикой минералов", отрываемой многими исследователями, работающими в указанной области знаний, от минералов, считающими их уже второстепенными поставщиками информации для физики твердого тела. А если при этом ещё делается и вывод о том, что минералогия на рассматриваемом этапе находится на "кристаллохимической ступени своего развития" или, что приоритет в исследовании следует отдавать "физике минералов", то возникает реальная опасность отрыва этих работ от изучения химизма минералов, их свойств, парагенезисов, их геологии, считающимися второстепенными. Хотя очевидно, что без минералов нет минералогии.

Наконец, следует коснуться периодизации истории минералогии, которая разными авторами производилась по своему. Так А. Штурм [25, с.10] выделял следующие периоды в истории минералогии, кладя в их основу уровень достигнутых знаний:

1. *Состояние науки с древних времен до Авиценны; до 1000 л. по Р.Х.*
2. *Состояние науки от Авиценны до Агриколы, или от 1000 до 1528.*
3. *Состояние науки от Агриколы до Валлерия и Кронштедта, или от 1528 до 1747.*
4. *Состояние науки от Валлерия до Вернера, или от 1747 до 1774.*
5. *Состояние науки от Вернера до Гаюи, или от 1774 до 1801.*
6. *Состояние науки от Гаюи до настоящего времени").*

По времени эти отрезки охватывают периоды в $n \cdot 10^3$ лет, 528 лет, 219 лет, 27 лет, 27 лет, 36 лет.

А. С. Поваренных [13] делил историю минералогии на следующие этапы:

1. Предысторический - от древнейших времен до средневековья, включая период написания трактатов и сводок о минералах - лапидариев.

2. Физико-морфологический или просто физический - с начала XVI до начала XIX в., поскольку *"активная деятельность ученых была устремлена тогда в этом главном направлении - изучении и описании формы и свойств минералов"* (с. 11).

3. Химический - с рубежа XVIII и XIX в. до 20-х годов текущего столетия. *"Задача познания закономерностей химического состава минералов, которая была ведущей и всё себе подчиняла, явилась главным стимулом развития минералогии на данном этапе. Однако это вовсе не означает, что прекратились исследования в области физических свойств и морфологии минералов. Наоборот, в связи с дальнейшим развитием физики и прогрессом экспериментальной техники исследования в этом направлении (особенно в области оптических и механических свойств минералов) успешно продолжались, но они уже не занимали того исключительного, ведущего положения, так как в значительной мере зависели от успехов химического изучения минералов"* (с. 12; выделено А. П.).

4. Кристаллохимический - с начала 20-х годов XX в. *"На этом этапе, который отмечается новым резким переломом в истории минералогии, природа минерала познается в целом, т. е. в взаимообусловленности его состава и строения"* (с. 13; выделено А.П.). *"современный кристаллохимический этап развития минералогии, ставивший главной задачей изучение закономерностей и противоречий атомного строения минералов, поднимает наше знание об их природе на качественно новую ступень. На наших глазах совершается активная перестройка всех ещё недавно казавшихся незыблемыми представлений о химизме и свойствах минералов, о понятии минерала и минерального вида, о классификации и номенклатуре минералов. За период менее чем полвека произошли колоссальные изменения в теоретическом фундаменте минералогии, и ещё большие изменения произойдут в ближайшем будущем, так как на помощь рентгеноструктурному и электронографическому методам анализа приходят особые, тонкие по своим специфическим возможностям, методы электронного и ядерного парамагнитного резонанса"* (с. 14-15).

Иную периодизацию истории минералогии дает Н. П. Юшкин [26], выделяя:

"каменеведческий период (от древнейших времен до конца VII в.) - предистория минералогии, зачатки эмпирического минералогического знания в системе античной натурфилософии; концентрация внимания на практическом использовании минералов и наиболее удивительных их свойствах;

горнопромысловый период (VIII - середина XVI в.) - зарождение минералогии как науки вследствие запросов горного дела, металлургии, медицины, алхимии, ювелирного искусства, познание свойств минералов, разработка методов изучения и диагностики минералов, первые обобщения минералогических данных в виде книг, lapидариев, формирование генетических представлений (целесообразно выделение двух подпериодов: среднеазиатского - VIII-XVI вв. и европейского - XIV-XV вв.);

физико-морфологический период (середина XVI-XVIII вв.) - становление научной минералогии, широкое введение количественной оценки в методы исследований, установление первых фундаментальных минералогических законов, накопление знаний о минералах;

химико-генетический период (XIX в. - 20-е гг. XX в.) - формирование точной описательной минералогии на основе исследования химического состава минералов, разработка классификации минералов, создание основ генетической минералогии;

кристаллохимический период (20-60-е гг. XX в.) - исследование кристаллической структуры минералов, перестройка всей системы минералогического знания на кристаллохимической основе, создание классической минералогии;

современный (структурно-генетический) период (с 60-х гг. XX в.) - развитие минералогии на основе системного ("организменного") подхода к минералам, "геологизация" минералогии.

Обращает на себя внимание уменьшение длительности периодов от древнейших к современным: их временные интервалы соотносятся как 38:24:6:3:1" (выделено - Н. П. Ю.).

При этом легко видеть, что два первых периода Н. П. Юшкина отвечают одному первому периоду А. С. Поваренных и двум первым периодам А. Штурма. Н. П. Юшкин, помимо физико-морфологического периода, отвечающего второму периоду А. С. Поваренных, выделяет также особый химико-генетический период, считая последним периодом истории минералогии структурно-генетический, фактически онтогенетический, период. В подобной периодизации отмечается определенная тенденция - каждый из её авторов последним, наиболее современным, а стало быть и самым важным периодом, считает тот, который созвучен с направлениями его собственных исследований. Это отчетливо видно на примере А. С. Поваренных и Н. П. Юшкина, известных прежде всего своими работами по кристаллохимии и онтогенезу минералов соответственно. Аналогичная тенденция прослеживается в выступлениях А. С. Марфунина, считающего, что в настоящее время происходит смещение приоритетов минералогии в сторону физики минералов. В то же время В. И. Ревинцев считает, что эти приоритеты лежат в области

прикладной минералогии, а В. А. Жариков - физико-химической и экспериментальной минералогии. Учитывая сказанное, представляется более целесообразным не делить историю минералогии на отдельные этапы, а отмечать новые ступени её развития, на которых определённое время концентрируется внимание многих исследователей. Из этого, однако, не следует, что старые достижения и методы просто отбрасываются. Напротив, они продолжают развиваться и иногда весьма интенсивно. Более того, с развитием новых методов, определяющих, например, новые возможности исследования, за старыми также сохраняется своя "экологическая ниша". Так появление микросондовых анализов дало большие возможности для характеристики состава минералов в точке. Однако это отнюдь не исключило необходимости во многих случаях проведения валовых химических анализов, дающих представление об усредненном составе минералов.

Таким образом, минералогия, будучи фундаментальной наукой, отличается от других фундаментальных наук естественного цикла, прежде всего предметом исследования, которым являются минералы, слагающие руды, горные породы, отдельные геосферы и космические тела. В ней, с одной стороны, развиваются собственные методы изучения минералов, с другой - широко используются для этой цели разработки смежных наук - прежде всего химии и физики. В то же время из изложенного видно, что прогресс в изучении минералов тесно связан не только с достижениями смежных наук, но и с уровнем развития производительных сил общества в целом, общей совокупностью достигнутых им знаний.

Учитывая сказанное, основные предпосылки и важнейшие достижения, существенные для развития минералогии можно свести к следующим:

Этапы накопления минералогических знаний, связанные с развитием общества, его производительных сил

- Знакомство далеких предков человека с съедобными минералами и горными породами - галитом, глиной, мелом.

- Использование кремня, обсидиана, нефрита для изготовления орудий труда человеком каменного века (от 800 тыс. лет назад до около 6000 лет назад в странах Древнего Востока и до 4000 лет назад в Европе).

- Появление первых украшений из цветного камня (поздний палеолит - 40-30 тыс. лет назад).

- Появление керамических изделий из обожженной глины (~7000 лет назад), начало производства стекла (~5000 лет назад в Древнем Египте).

- Открытие металлургических процессов и развитие металлургии - меди из окисленных руд, свинца и попутной выплавки серебра (6000-5000 лет назад), рафинирования золота

(около 4000 лет назад), выплавки железа (около 3100 лет назад на Ближнем Востоке), других металлов и их сплавов (Sn, Sb, Bi, As, Zn).

- Бурное развитие горно-рудной промышленности в Рудных горах центральной Европы (начиная примерно с 600 г. н.э.; работы В. Бирингуччо и Г. Агриколы); последующее интенсивное развитие различных видов промышленности, включая металлургическую, химическую, строительную, а в последнее время - атомно-энергетическую, нуждающихся в непрерывно возрастающих объёмах минерального сырья, в том числе принципиально нового (руды радиоактивных элементов).

Этапы развития общенаучных представлений, имевшие большое влияние на развитие минералогии и смежных наук.

- Разработка Н. Коперником, Д. Бруно, Г. Галилеем гелиоцентрической системы, разрушившей основы церковных воззрений на образование мира и роль в нём нашей планеты.

- Установление И. Ньютоном закона всемирного тяготения и формулирование основных законов механики (1687).

- Открытие закона сохранения вещества и движения М. В. Ломоносовым.

- Открытие в 1821 г. Э. Митчерлихом явлений изоморфизма, а затем - полиморфизма.

- Открытие в 1869 г. Д. И. Менделеевым Периодического закона химических элементов.

- Установление в 1894 г. П. Кюри универсального принципа симметрии - дисимметрии.

Этапы развития важнейших физических концепций и установления физических законов и явлений, важных для развития минералогии.

- Открытие в доисторические времена статического электричества, возникающего при трении различных предметов (янтарь, стекло и др.), разработка теоретических основ возникновения которого относится к XIX в.

- Открытие в доисторические времена явлений магнетизма (очевидно при взаимодействии стали и магнетита), теоретическое обоснование и широкое применение в науке и технике относится к XIX-XX вв.

- Установление Н. Стенноном в 1669 г. закона постоянства граничных углов кристаллов; его формулировка Ж. Б. Ромэ-Делилем (конец XVIII в.).

- Открытие в 1669 г. дупреломления исландского шпата Э. Бартолином.

- Разработка в 90-х годах XVII в. Х. Гюйгенсом волновой теории света, базировавшейся на исследовании исландского шпата.

- Развитие Р. Ж. Гаюи представлений о внутреннем строении кристаллов из простых элементарных параллелепипедов.

- Открытие термоэлектричества на кристаллах турмалина (Гартманом в 1707 г., а затем Ф. У. Т. Эпинусом и Р. Ж. Гаюи, подробно исследовавших это явление).

- Открытие пьезоэлектричества на кристаллах турмалина и кварца (сначала Р. Ж. Гаюи, а в 1880 г. - Ж. и П. Кюри, подробно изучившими это явление).

- Развитие в конце XVIII в. учения об электричестве Л. Гальвани, Ж. А. А. Вольта, изобретение гальванической батареи, Вольтова столба, давших толчок развитию электрохимии, электролиза, электрохимических методов выделения элементов, в том числе на ртутном катоде.

- Стремительное развитие с начала XIX в. теории двупреломления кристаллов.

- Разделение кристаллов в первой четверти - середине XIX в. по семи сингониям в результате работ Ф. Мооса, Д. Д. Дэна, Г. Розе.

- Открытие в 1895 г. В. К. Рентгеном рентгеновских лучей (X-лучей).

- Открытие в 1896 г. А. А. Беккерелем радиоактивного излучения солей урана.

- Создание Э. Резерфордом и Ф. Содди теории радиоактивного распада.

- Вывод 14 решеток О. Браве и 230 пространственных групп симметрии Е. С. Федоровым и А. М. Шенфлисом.

- Открытие в 1912 г. М. Ф. Т. фон Лауэ дифракции рентгеновских лучей кристаллическими телами.

- Разработка трудами Э. Резерфорда, Ф. Содди, Г. Мозли, Н. Бора, О. Гана, Э. Шредингера, М. Планка и других исследователей теории строения атомов и квантовой механики.

Этапы развития важнейших химических концепций и установления химических законов, важных для развития минералогии.

- Формулирование Р. Бойлем понятия химического элемента, близкого к современному.

- Создание А. Л. Лавуазье научной теории горения; уточнение им же понятия элемента.

- Разработка А. Л. Лавуазье способов изображения химических процессов в виде уравнений химических реакций; создание им же с коллегами новой химической номенклатуры.

- Открытие Ж. Л. Прустом закона постоянства состава химических соединений (начало XIX в.).

- Разработка Й. Я. Берцелиусом теории электросродства химических элементов, введение понятий электроположительных и электроотрицательных элементов; усовершенствование им способов написания химических элементов, формул соединений,

реакций между ними, правильное определение атомных масс многих элементов, введение им же в науку понятий изомерии, аллотропии, катализа.

Разработка Д. Дальтоном, Ж. Л. Гей-Люссаком, А. Авогадро и С. Канниццаро атомно-молекулярной теории строения химических веществ.

- Развитие в последней четверти XIX в. учения о валентности, эквивалентах, связанное в первую очередь с работами Э. Франкланда (1825-1899), Г. Кольте (1818-1884).

- Создание основ химической термодинамики и учения о химическом равновесии, правиле фаз, начавшееся с работ Дж. В. Гиббса (1839-1903).

- Формулирование А. Л. Ле-Шателье (1850-1936) принципа, определяющего смещение химического равновесия в зависимости от изменения физико-химических параметров.

Этапы развития методов исследования минералов .

- Определение минералов по цвету, вкусу, относительной плотности, твердости. - Разработка Аль-Бируни методов определения плотности минералов, использовавшихся им при диагностике драгоценных камней.

- Применение с середины XVII в. к исследованию минералов паяльной трубки - сначала для определения плавкости, а затем и основных химических компонентов.

- Развитие аналитической химии неорганических веществ - весового, объёмного и других видов классического анализа, - основы которой были заложены Р. Бойлем (середина XVII в.).

- Изобретение прикладного, а затем отражательного (У. Х. Волластоном) и двукружного (Е. С. Федоровым, В. М. Гольдшмидтом) гониометров для измерения граничных углов кристаллов; разработка в первой половине XX в. определителей веществ, в том числе минералов, по форме кристаллов.

- Применение для исследования минералов с первой четверти XVIII в. специальных луп А. Левенгука, дававших увеличение до 300-крат.

- Создание Вольтова столба (1800) и развитие электрохимических методов анализа, вплоть до потенциометрического (во второй половине XX в.).

- Введение Ф. Моосом десятибальной шкалы твердости минералов.

- Изобретение "турмалиновых щипцов", а затем в 1828 г. У. Николем - поляризационного микроскопа, остающегося важнейшим инструментом исследования минералов до настоящего времени.

- Разработка в 1859 г. Р. В. Бунзеном и Г. Р. Кирхгофом оптического спектроскопа и его использование для спектрального анализа минералов и химических соединений.

- Разработка методов исследования кристаллических структур с помощью дифракции рентгеновских лучей, начатых работами У. Г. и У. Л. Брэггов и Ю. М. Вульфа; разработка рентгеноструктурного анализа минералов, широко используемого в настоящее время (в том числе рентгенографического анализа и метода микродифракции).

- Разработка в 20-х годах XX в. Г. Мозли рентгеноспектрального анализа; создание рентгеноспектрометров для анализа минералов.

- Изобретение в 1950 г. Р. Костэном во Франции, И. Б. Боровским и Н. И. Ильиным в СССР микрозондового рентгеновского анализатора, получившего широкое распространение с конца 60-х годов.

- Открытие Е. К. Завойским в 1944 г. электронного парамагнитного резонанса, в 1945 г. - Ф. Блохом и Е. Парселем - ядерного магнитного резонанса, в 1945 г. Х. Г. Демельтом и Х. Крюгером - ядерного квадрупольного резонанса, в 1958 г. Р. Мессбауэром - гамма-резонанса, обеспечившим, наряду с методами оптической, УФ- и ИК-спектроскопии широкие возможности для исследования минералов, объединяемые в настоящее время новым направлением в минералогии - физикой минералов.

Этапы развития представлений о предмете минералогии, минералогической систематики.

- Представления доисторических людей о камнях, их диагностике, систематике, методах поисков месторождений не дошли до наших дней, хотя и позволяли использовать минералы как руды для развития металлургии, в стекольном деле, в качестве драгоценностей и т.д.

- Систематика камней, принятая Теофрастом, на: 1) металлы, 2) камни, 3) земли; сульфиды из-за своего блеска причислялись к металлам.

- Подразделение арабами всех известных веществ на: 1) землистые (минеральные), 2) растительные, 3) животные (Ар-Рази); деление твёрдых природных тел на: 1) камни и земли, 2) серные (горючие) вещества, 3) металлы - плавкие тела, 4) соли - растворимые в воде вещества (Ибн-Сина); использование при диагностике минералов не только цвета, но твёрдости и плотности.

- Введение термина минералогия Б. Цезием из Модены, Италия (1636 г.).

- Разработка систематики растительного, животного и минерального мира К. Линнеем.

- Разработка химической систематики минералов А. Ф. Кронштедтом и Т. О. Бергманом.

- Выделение А. Г. Вернером из минералогии геогнозии (геологии).

- Разработка Р. Ж. Гаюи систематики минералов, основанной на их внешних (морфологических) признаках; введение понятия минерального вида.

- Разработка углубленной систематики минералов В. М. Севергиним, основанной на химических и физических признаках; формулирование задач минералогии в виде близком к современному их пониманию (1798).

- Разработка Й. Я. Берцелиусом в противовес кристалло-морфологической систематике Р. Ж. Гаюи систематики минералов на химической основе; введение им понятия силикатов.

- Разработка Д. Д. Дэна химической систематики минералов, основанной на Периодическом законе Д. И. Менделеева (1892).

- Разработка А. С. Поваренных кристаллохимической (правильнее структурно-геометрической) систематики минералов (1966).

- Разработка Х. С. Вейсом системы описания минералов по внешним признакам.

- Развитие геолого-минералогических основ учения о парагенезисе минералов в трудах В. М. Севергина, и Ф.А. Брейтгаупта.

- Развитие физико-химических основ учения о парагенезисе минералов (Я. Г. Вант-Гофф, Н. С. Курнаков, В. М. Гольдшмидт, Н. Л. Боуэн, П. Ниггли, А. Н. Заварицкий, Д. С. Коржинский, В. С. Соболев).

- Разработка Д. С. Коржинским физико-химических основ парагенезиса минералов на базе анализа поведения веществ в открытых физико-химических системах.

- Развитие в конце XVIII - начале XX в. В. И. Вернадским динамического (генетического) подхода к минералам, минералогии в целом; установление двойственной роли Al в минералах - либо как основания, либо как анионообразователя.

- Развитие с середины XIX в. работ по синтезу минералов, достигшему весьма больших успехов в настоящее время, являющихся основным источником количественных данных по составу, устойчивости, термодинамическим константам, генезису минералов.

- Создание структурной минералогии, в том числе кристаллохимии силикатов - сначала трудами Бреггов её первой главы (силикаты с катионами, имеющими более высокие силовые характеристики - Mg и т. п.), а затем трудами Н. В. Белова - второй главы кристаллохимии силикатов (катионов с более низкими силовыми характеристиками - Ca и т. п.).

- Создание Д. П. Григорьевым в начале 60-х годов XX в. нового направления в минералогии - онтогении минералов.

- Разработка в 60-х годах XX в. И. И. Шафрановским учения о реальных формах кристаллов.

- Развитие минералогии метеоритов, космической минералогии, объём сведений в которой резко увеличивается по мере освоения космического пространства.

- Интенсивное развитие прикладной минералогии - поисковой, используемой при вскрытии полезных компонентов руд, их обогащении и переработке.

Говоря о важнейших достижениях смежных наук, важных для развития минералогии, методов исследования минералов, особо надо сказать, что перед минералогами во все времена в качестве важнейшей стояла задача диагностики минералов. Этим объясняется активное использование достижений смежных наук в исследовании вещества, широкое использование минералогами всей гаммы оптических, рентгенографических и других физических и физико-химических методов для этой цели. В этом отношении минералоги оказывались впереди многих других исследователей, занятых изучением вещества. Так, например, в минералогии сразу же после своего изобретения твердые позиции занял поляризационный микроскоп, который до сих пор, как и кристаллооптические методы диагностики, крайне ограниченно применяются в химии; в металлургии же (металлографии) поляризационный свет стал завоевывать свои позиции лишь с середины XX в. Этим же объясняется гораздо более активное использование рентгеноструктурных данных минералогами по сравнению с химиками, знания которых в кристаллохимии гораздо скромнее чем у минералогов. Здесь достаточно сказать, что кристаллические структуры известны для большинства минералов. Для новых же минералов изучение кристаллической структуры рассматривается обычно в качестве одной из важнейших задач.

В то же время исследование минералов позволило открыть целый ряд физических и химических явлений и законов. Так именно этим путём были открыты явления статического электричества (янтарь), магнетизма (на магнетите), двупреломления (на кальците), пьезоэлектричества (на кварце и турмалине), термоэлектричества (на турмалине), постоянства граничных углов, изоморфизма, полиморфизма, фотоэлектричества (на флюорите), радиоактивности (на настуране и продуктах его химического разложения), дифракции рентгеновских лучей. Исследование каждого из этих явлений привело фактически к развитию самостоятельных направлений в естественных науках, установлению многих важных законов, использованию их на благо человечества.

Развитие минералогии отличается от развития таких наук как физика и химия ещё и тем, что наряду с накоплением результатов исследования минералов происходит накопление и самих минералов как в частных коллекциях, так и в государственных музеях, число которых в мире давно уже перевалило за 500. Этим путём создаётся своеобразный

вещественный банк минералогических данных (знаний), доступный для повторных исследований, что требуется по мере совершенствования различных методов изучения вещества, тем более ценный, что в нём собирается материал с постепенно обрабатываемых месторождений, научная ценность которого непрерывно возрастает. При этом переизучение музейного материала не только даёт много нового для минералогии в целом, но в ряде случаев позволяет обнаружить и неизвестные ранее месторождения полезных ископаемых. В качестве примера к последнему можно упомянуть об обнаружении А. К. Болдыревым касситерита при гониометрическом изучении образцов Атлянской россыпи на Урале и обнаружение Н. А. Смольяниновым шеелита в музейных образцах с Чорух-Дайрона, Узб. ССР, позволившее открыть новое вольфрамовое месторождение.

Задачи минералогии, её польза для общества очень хорошо были сформулированы, как уже отмечалось В. М. Севергиным. К этому, однако, можно добавить и высказывания на этот счет А. Штурма, писавшего в 1835 г. : *"Сама природа побуждает нас к исследованию её произведений, и важность сего исследования не подлежит сомнению. В сем отношении и минералогия имеет высокое достоинство, как одна из главных отраслей естественной истории, коея цель - чистое, независимое исследование природы с важнейшей и любопытнейшей её стороны. И кроме того, она вообще способствует существенному познанию природы, и потому изучение её находится особенно в близком отношении к человеку, который из оной познаёт твердую массу земной коры, как место своего обиталища и почву, на коей он обретается.*

Далее она изоцряет и упражняет познавательные силы человека, преимущественно способность созерцания (приводя все чувства в большую или меньшую деятельность и приучая ко внимательному наблюдению), также память, воображение, проницательность, равно как и высшие душевные способности. Посему учение минералогии - если оно не перерождается в безжизненную терминологию, но сообразно с целью и сущностью сей науки, есть вечно живое и наглядное - принадлежит неоспоримо к числу наиболее наставительных и вместе самых приятных и любопытных занятий. При этом же сие изучение не токмо весьма полезно, но даже и необходимо для многих наук, тесно связанных с нуждами общежития, каковы: физика, химия и физическая география. Наконец немаловажна и практическая польза, которую сия наука приносит искусствам и ремёслам, особливо в новейшее время, в которое сии последние, частью с помощью минералогии, оказали столь великие успехи.

Она руководствует к познанию веществ, в коих нуждаемся в общежитии для различной цели, к познанию материалов строительного и ваятельного искусства, фармации и

медицины, и служащих к приготовлению стекла, красок, фарфора и других заводских изделий. Рудокопу и металлургу необходимо познание оной, преимущественно в отношении к металлическим ископаемым, солям и горным породам; земледелец и лесничий, почерпая из оной сведения о составных частях почвы, предупреждает многие неудачи; также и ювелиру и купцу полезны основательные знания о минералах, составляющих предмет их промышленности. Словом, практическая польза минералогии действительно многоразличнее и обширнее, нежели как обыкновенно полагают, и при быстрых успехах искусств, мануфактур и ремесел, со дня на день соделывается важнее и ощутительнее" ([25], с. 67-68).

Литература

1. Бетехтин А. Г. Минералогия. М., Госгеолтехиздат, 1950, 956 с.
2. Богатиков О. А. Творческое наследие академика А. Н. Заварицкого. В кн.: "Развитие идей А. Н. Заварицкого в современной петрологии". М., Наука, 1986, с. 3-6.
3. Вернадский В. И. Земные силикаты, алюмосиликаты и их аналоги (совместно с М. С. Курбатовым) Избранные труды , т.IV, М., Изд-во АН СССР, 1959, с. 19-80.
4. Вернадский Владимир Иванович. Материалы к библиографии ученых, сер. геол. наук, вып. 44. Сост. Бебих И. Г., Жидовинов С. Н., Матвеева Г. И., Яншина Ф. Т. М., Наука, 1992, 242 с.
5. Григорьев Д. П., Шафрановский И. И. Выдающиеся русские минералоги. М.-Л., Изд-во АН СССР, 1949, 274 с.
6. Джуа М. История химии. М., Мир, 1975, 478 с.
7. Костов И. Кристаллография. М., Мир, 1965, 528 с.
8. Костов И. Минералогия. М., Мир, 1971, 584 с.
9. Лазаренко Е. К. Курс минералогии. Киев, ДТБУ, 1951, 688 с.; 2-е изд. М., Высшая школа, 1971, 608 с.
10. Лазаренко Е. К., Винар О. М. Минералогический словарь. Киев, Наукова думка, 1975, 774 с.
11. Манолов К. Великие химики. М., Мир, 1985, т.1, 468 с.; т 2, 438
12. Митчел Р. С. Названия минералов. М., Мир, 1982, 248 с.
13. Поваренных А. С. Кристаллохимическая классификация минеральных видов. Киев, Наукова думка, 1966, 548 с.
14. Поваренных А. С. Современная кристаллохимическая классификация силикатов. Геологический журнал, 1977, т. 37, вып. 5, с. 45-49.
15. Севергин В. Первые основания минералогии или естественной истории ископаемых тел. Книга 1. Санктпетербург, Изд-во Императорской АН, 1798, 498 с.
16. Станцо В. В., Черненко М. Б. Популярная библиотека химических элементов. М., Наука, 1983, кн. 1, 576 с.; кн. 2, 572 с.
17. Фигуровский Н. А. Очерк общей истории химии. От древнейших времен до начала XIX в. М., Наука, 1969, 456 с.
18. Фигуровский Н. А. Очерк общей истории химии. Развитие классической химии в XIX столетии. М., Наука, 1979, 478 с.
19. Фукс Г., Хайнинг К., Кертшер Г., Кирмзе Е.-М., Неухейзер А., Штер Г., Штрубе И., Велш Ф. М. Биографии великих химиков. М., Мир, 1981, 388 с.

20. Шафрановский И. И. Кристаллы минералов. Л., Изд-во ЛГУ, 1957, 222 с.
21. Шафрановский И. И. Лекции по морфологии минералов. Львов, Изд-во Львовского университета, 1960, 164 с.
22. Шафрановский И. И. Очерки по минералогической кристаллографии. Л., Недра, 1974, 152 с.
23. Шафрановский И. И. История кристаллографии. С древнейших времен до начала XIX столетия. Л., Наука, 1978, 296 с.
24. Шафрановский И. И. История кристаллографии. XIX век. Л., Наука, 1980, 324 с.
25. Штурм А. Главные основания минералогии. С. Петербург, Тип. Н. Греча, 1835, 488 с.
26. Юшкин Н. П. История минералогии и эволюции фундаментальных минералогических идей. Сыктывкар, Коми филиал АН СССР, сер. препринтов "Научные доклады", вып. 102, 1984, 50 с.
27. Adams F. D. The birth and development of the geological sciences. Baltimore, 1938.
28. Dana J. D. The system of mineralogy. Descriptive mineralogy. N. Y., John Wiley and Sons, Inc., L., Chapman and Hall, Ltd., 1920, 1134 pp., App. 1, 75 pp.; App. 2, 114 pp.; App. 3, 88 pp.
29. Evans H. Science, 1963, Vol. 141, No. 3576, 154-158.
30. King C. W. Natural history of precious stones and of the precious metals. London, 1870.
31. Strukturbericht (Erganzungsband der Zeitschrift für Kristallographie), Bd. 1-5, 1931-1940 usw.
32. Tertsch H. Das Geheimnis der Kristallwelt. Wien, 1947.
33. Wells A. F. Structural inorganic chemistry. 5-th Ed., Oxford, Clarendon press, 1984, 1382 pp.
34. World directory of mineral collections. 2-nd Ed. Prepared by the Commission on Museums of the International Mineralogical Association, 1977, 460 pp.
35. Wyckoff R. W. G. Crystal structures. 2-nd Ed., N.Y.-L.-Sydney, Interscience publishers. Vol. 1, 1963, 468 pp.; Vol. 2, 1964, 588 pp.; Vol. 3, 1965, 982 pp.; Vol. 4, 1968, 566 pp.

Именной указатель

А

Аббэ, 103
 Авогадро А., 78, 79, 149
 Агрикола Г., 40, 41, 46, 147
 Аль-Бируни, 34, 35, 36, 41,
 149
 Аншелес О. М., 104, 106
 Аристотель, 34
 Ар-Рази, 34, 35
 Аррениус К., 56
 Арфведсон Ю. А., 55

Б

Баркер Т., 106
 Бартолин Э., 47, 48, 49, 147
 Бацанов С. С., 76
 Беккерель А. А., 109, 111,
 148
 Белов Н. В., 103, 121, 123,
 124, 151
 Белоглазов К. Ф., 128
 Беньофф Х., 130
 Бергман Т. О., 54, 73, 150
 Берман Г., 121
 Бертолле К. Л., 70, 73, 81
 Берцелиус Й. Я., 55, 56, 75,
 76, 77, 80, 86, 101, 148, 151
 Бетехтин А. Г., 116, 117
 Биндгейм И. Я., 57, 58
 Био Ж. Б., 85, 107
 Бирингуччо В., 40, 147
 Блох Ф., 127, 150
 Богданович Е. И., 130
 Бойль Р., 45, 47, 138, 148, 149
 Болдырев А. К., 106, 116,
 117, 120, 132, 153
 Бор Н., 134, 135, 148
 Борн И., 113
 Боровский И. Б., 126, 150
 Боуэн Н. Л., 127, 129, 151
 Браве О., 105, 148
 Брандт Г., 53

Брейтгаупт И. Ф. А., 85, 87,
 151
 Бруно Д., 40, 147
 Брэгг У. Г., 121, 122, 150
 Брэгг У. Л., 121, 122, 150
 Брюстер Д., 107
 Бунзеи Р. В., 77, 78, 149
 Бургаве Г., 73
 Бурно Ж. Л., 113
 Бэкон Р., 64

В

Вайкофф Р. В. Г., 126
 Валентин Б., 43
 Валлерий И. Г., 53
 Вант-Гофф Я. Г., 83, 114,
 127, 151
 Вдовыкин Г. П., 133
 Вебский Х. Ф., 104
 Везалий А., 40
 Вейс Х. С., 85, 86, 103, 104,
 151
 Вельсбах А., 77
 Венцель К. Ф., 73
 Вернадский В. И., 49, 52, 85,
 100, 101, 103, 114, 115, 139,
 151
 Вернер А. Г., 59, 60, 113, 150
 Вилкоккс Р., 121
 Винар О. Н., 119
 Власов К. А., 115
 Вокелен Л. Н., 54, 55, 73
 Волластон У. Х., 103, 113
 Вольта Ж. А. А., 74, 148
 Вульф Г. В., 121, 122, 150

Г

Гадолин А. В., 105
 Гадолин Ю., 54, 56, 77
 Галилей Г., 40, 147
 Гальвани Л., 74, 148
 Ган И. Г., 54, 56, 76
 Ган О., 134, 135, 148

Гарвей У., 50
 Гартман, 148
 Гассель О., 124
 Гассенди П., 47
 Гаюи Р. Ж., 54, 55, 68, 77,
 103, 148, 151
 Гейгер Г., 135
 Гей-Люссак Ж. Л., 78, 79, 149
 Гельмонт И. Б., 43, 73
 Георги И. И., 57
 Герман И. Ф., 64
 Геснер К., 41
 Гесс Г. И., 77, 82
 Гессель И. Ф. Х., 105
 Геттар Ж. Э., 58
 Гиббс Дж. В., 83, 127, 149
 Гиббс У., 102
 Гизингер, 55
 Гиллебранд У. Ф., 77
 Гинзбург А. И., 115
 Глаубер И. Р., 45
 Гмелин, 65
 Годлевский М. Н., 116, 133
 Годовиков А. А., 76
 Гольдшмидт В., 103, 104,
 113, 114, 115, 121, 126, 127,
 128, 136, 149, 151
 Григорьев Д. П., 100, 116,
 120, 151
 Грот П., 103, 105, 106, 113,
 114
 Гук Р., 48
 Гумбольд А., 86
 Гуппиельмини Д., 48
 Гюйгенс Х., 48, 49, 147

Д

Дальтон Д., 78, 149
 Дебьерн А., 110
 Дезорм Ш. Б., 79
 Декарт Р., 48
 Делтер К., 114, 136
 Демельт Х. Г., 127, 150
 Доливо-Добровольский В. В.,
 116
 Дубинина В. Н., 117

Дэна Д. Д., 85, 87, 111, 114,
 148, 151
 Дэна Э. С., 99

Е

Еремеев П. В., 85, 100, 104,
 113
 Ерофеев М. В., 104

Ж

Жариков В. А., 146
 Жолио-Кюри И., 136
 Жолио-Кюри Ф., 134, 135

З

Заварицкий А. Н., 106, 120,
 127, 130, 132, 151
 Завойский Е. К., 127, 150
 Зеебек Т., 85
 Зеннерт Д., 43
 Зонке Л., 105

И

Ильин Н. И., 126, 150

К

Кадет Ш. Л., 62
 Камилл Л., 38
 Канниццаро С., 78, 79, 149
 Капеллер Я. А., 65
 Капица П. Л., 135
 Каранжо М., 67
 Кардано Дж., 41
 Карножицкий А. Н., 104
 Карстен И. фон Д. Л. Г., 113
 Кастэн Р., 126
 Кеплер И., 40, 47
 Кирван Р., 73
 Кирхгоф Г. Р., 78, 149
 Клапрот М. Г., 54, 55, 56, 73,
 77
 Клеве П.-Т., 71
 Клеман Н., 79

Книппинг П., 121
 Кокрофт Дж., 135
 Кокшаров Н. И., 85, 86, 99,
 103, 113
 Кольбе Г., 83
 Кольте Г., 149
 Коперник Н., 40, 147
 Кордые П. Л. А., 108
 Коржипский Д. С., 127, 128,
 130, 151
 Костер Д., 126
 Костов И. Н., 120
 Костэн Р., 150
 Коши О. Л., 108
 Кронштедт А. Ф., 53, 70, 150
 Крюгер Х., 127, 150
 Кунфер А. Я., 86, 105
 Курнаков Н. С., 73, 127, 151
 Куртуа Б., 79
 Кюри Ж., 108
 Кюри П., 108, 109, 111, 147,
 148
 Кюри-Склодовская М., 109,
 110, 111

Л

Лавуазье А. Л., 56, 57, 58, 59,
 62, 148
 Лазаренко Е. К., 119
 Лаксман К. Г., 57
 Лаплас П. С., 59
 Ларсен Е., 121
 Лауэ М. Т., 109, 121, 148
 Лебедев Г. Г., 100
 Леблан Н., 69
 Левенгук А., 49, 149
 Левицкий О. Д., 116
 Лейбниц Г. В., 50
 Леммлейн Г. Г., 36
 Леонардо да Винчи, 40, 45
 Лепехин И. И., 64
 Ле-Шателье А. Л., 83, 84,
 114, 149
 Либавий А., 43
 Линк Г., 114
 Линней К., 50, 52, 150

Ловиц Т. Е., 57, 69, 73
 Лодочников В. Н., 106
 Ломоносов М. В., 50, 63, 65

М

Магнус А., 38
 Мальпиги М., 50
 Малюс Э. Л., 84
 Мардот Реннский, 36
 Мариньяк Ж. Ш. Г., 102
 Марфунин А. С., 145
 Матцко Д., 121
 Менделеев Д. И., 50, 81, 114,
 139, 147, 151
 Миллер В., 105
 Митчерлих Э., 80, 82, 103,
 113, 147
 Михеев В. И., 116, 117
 Мишель-Леви А., 103
 Мозандер К. Г., 77
 Мозли Г., 134, 135, 148, 150
 Моос Ф., 85, 98, 103, 104,
 108, 113, 148, 149
 Морво Г., 59
 Мулликен Р., 76
 Мэйсон Б., 133

Н

Навьё Л. М. А., 108
 Нейман Ф. Э., 86, 105, 108
 Непер Дж., 40
 Ниггли П., 127, 129, 151
 Никитин В. В., 106
 Николь У., 85
 Ноддак В., 126
 Ноддак И., 126
 Ньютон И., 49, 73, 147

П

Палисси Б., 45
 Паллас П. С., 64
 Папен Д., 50
 Парацельс, 42
 Парсел Е., 127, 150
 Пастер Л., 107

Планк М., 134, 148
 Поваренных А. С., 38, 121,
 125, 143, 145, 151
 Полинг Л., 76, 103, 121, 123,
 134
 Пруст Ж. Л., 70, 73, 148
 Пуассон С. Д., 108
 Пульфрих, 103

Р

Рамдор П., 118, 133
 Рамзай У., 135
 Раммельсберг К. Ф., 85, 87
 Ревнивцев В. И., 145
 Резерфорд Э., 134, 135, 148
 Рентген В. К., 108, 148
 Рихтер И. В., 73
 Розе Г., 81, 85, 86, 148
 Ромэ-Делиль Ж. Б., 66, 67,
 70, 147
 Руа, 113

С

Сала А., 43
 Севергин В. М., 52, 60, 62,
 63, 64, 87, 113, 151, 153
 Сенармонт Г. Ю., 102
 Сильвиус, 43, 45, 46
 Скакки А., 104
 Смирнов С. С., 116, 118, 132
 Смольянинов Н. А., 122, 153
 Соболев В. С., 106, 116, 121,
 127, 132, 151
 Содди Ф., 134, 135, 148
 Стеннон Н., 47, 48, 147

Т

Тальбот У. Г. Ф., 85
 Татл О. Ф., 129
 Тахений О., 43
 Тенар Л. Ж., 79
 Теофраст, 150
 Толстопятов М. А., 104
 Торричелли Э., 50

У

Урусов В. С., 76
 Уэллс А. Ф., 126

Ф

Федоров Е. С., 104, 106, 125,
 130, 148, 149
 Ферсман А. Е., 115
 Фигуровский Н. А., 36, 41,
 43, 74
 Флейшер М., 121
 Флинт Е. Е., 122
 Фойгт В., 108
 Форд В. Е., 99
 Франкланд Э., 83, 149
 Френель О. Ж., 85
 Фридрих В., 121
 Фрондел Дж., 133
 Фуке Ф., 103
 Фуркруа А. Ф., 59

Х

Харитон Ю. Б., 135
 Хевеши Д., 126
 Хинтце К., 114, 136

Ц

Цезий Б., 45, 150

Ч

Чедвик Дж., 135
 Чезальпино А., 39, 41
 Черных В. В., 116, 117
 Чухров Ф. В., 119

Ш

Шафрановский И. И., 36, 41,
 86, 100, 110, 116, 133, 151
 Шееле К. В., 54, 56
 Шенфлис А. М., 106, 148
 Шредингер Э., 134, 148
 Штроемeyer Ф. М., 80
 Штрунц Х., 118, 125

Эпинус Ф. У. Т., 69, 148

Эразм С., 38

Эттер К, 113

Ю

Юнг Т., 85

Юшкин Н. П., 144, 145

Штурм А., 59, 143, 145, 153
Шубников А. В., 104, 122

Э

Экеберг А. Г., 57, 77
Эндрюс Т., 83
Энцилиус К., 38

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	1
Зарождение основ минералогии в доисторическое время и до нашей эры	2
Начало нашей эры – эпоха Возрождения	34
Эпоха Возрождения	39
XVII век	45
XVIII век	50
XIX век	70
XX век	114
Заключение	137
Литература	155
Именной указатель	157