

А К А Д Е М И Я   Н А У К   С С С Р



РЕДКОЛЛЕГИЯ СЕРИИ «НАУЧНО-БИОГРАФИЧЕСКАЯ ЛИТЕРАТУРА»  
И ИСТОРИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКАЯ КОМИССИЯ  
ИНСТИТУТА ИСТОРИИ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ И ТЕХНИКИ АН СССР  
ПО РАЗРАБОТКЕ НАУЧНЫХ БИОГРАФИЙ  
ДЕЯТЕЛЕЙ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ И ТЕХНИКИ:

*Л. Я. Бляхер, А. Т. Григорьян, Б. М. Кедров,  
Б. Г. Кузнецов, В. И. Кузнецов, А. И. Купцов,  
Б. В. Левшин, С. Р. Микулинский, Д. В. Ознобишин,  
З. К. Соколовская (ученый секретарь), В. Н. Сокольский,  
Ю. И. Соловьев, А. С. Федоров (зам. председателя),  
И. А. Федосеев, Н. А. Фигуровский (зам. председателя),  
А. А. Чеканов, С. В. Шухардин, А. П. Юшкевич,  
А. Л. Янин (председатель), М. Г. Ярошевский.*

**И. И. Шафрановский,  
В. Ф. Алявдин**

**Анатолий Капитонович  
БОЛДЫРЕВ**

1883 — 1946



---

ЛЕНИНГРАД  
«Н А У К А»  
ЛЕНИНГРАДСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ  
1978

УДК 92 Болдырев: 548/549 + 55 «19»

Ответственный редактор

докт. физ.-мат. наук профессор М. П. ШАСКОЛЬСКАЯ

Ш  $\frac{20805-203}{054(02)-78}$  76-77 (н.-п.)

© Издательство «Наука», 1978 г.



Книга двух ленинградских кристаллографов посвящена жизнеописанию учителя многих советских геологов Анатолия Капитоновича Болдырева. История поставила этого ученого на рубеже двух эпох в науке кристаллографии, в период перехода ее с «макрорельс» на «микрорельсы», зачинателем которого был наставник Анатолия Капитоновича, исполин мировой кристаллографии Е. С. Федоров. Соответственно и наиболее замечательный для 30-х годов нашего столетия «Курс кристаллографии» (три издания) А. К. Болдырева разбит на три равновеликие части: кристаллография геометрическая, физическая и кристаллохимия. Последняя, по идее автора, должна была превратиться в «Высшую минералогию», созданию которой он посвятил последние годы жизни, рано прерванной трагической смертью. В основу «Высшей минералогии» должны были лечь не геохимические идеи с таинственными путями атомов, а чисто природные факты, тщательно собранные А. К. Болдыревым в двух изданиях его «Курса минералогии».

Сугубо для внедрения новых идей А. К. Болдырев создал при Горном институте кристаллохимическую лабораторию; основная задача этой лаборатории состояла в том, чтобы воплощать в дереве и стекле не только объекты классической макрокристаллографии, но и новой кристаллохимии и высшей минералогии. Труды автора этого Пре-

дисловия, которые он сам считает лучшими, выполнены в тесном сотрудничестве с этой лабораторией, под крылышком А. К. Болдырева.

С любовью написанная история большого ученого, русского интеллигента, прошедшего тернистый жизненный путь с царской тюрьмой и ссылкой, хорошо отражает те чувства, которые сохранились у огромного числа болдыревских учеников и почитателей.

*Академик Н. В. Белов*

## Глава I

---

### Годы учения. Начало научной деятельности (1901—1920 гг.)

Девяностые годы прошлого столетия. Грайворон — небольшой уездный город Курской губернии (ныне он относится к Белгородской области) с населением около 10 тыс. человек, с тремя небольшими фабриками, занимающимися дублением овчин и изготовлением полушубков, уездным училищем и городским общественным банком. Жизнь проходит в нем размеренно, однообразно и скучно. Жители как самого города, так и его окрестностей благодаря обилию удобной для обработки земли занимаются сельским хозяйством и отчасти торговлей хлебом и шерстью.

Однако, несмотря на глубокую провинциальность, Грайворон подарил России ряд выдающихся деятелей науки и техники. И среди них одно из первых мест принадлежит замечательному русскому инженеру Владимиру Григорьевичу Шухову (1853—1939) — автору многих строительных конструкций, выдающихся технических разработок и изобретений. По его проектам, в частности, в Москве построена радиобашня, ажурные перекрытия Главного универсального магазина, Главного почтамта, Музея изобразительных искусств им. А. С. Пушкина. Именно ему принадлежит проект московского водопровода, столь восхитивший выдающегося русского ученого Н. Е. Жуковского.

14 (26) октября 1883 г. в этом городе в семье Капитона Лукича Болдырева и его жены Агриппины Григорьевны родился сын Анатолий, ставший впоследствии замечательным кристаллографом, минералогом и геологом. Кроме него, в семье было еще три сына — Петр, Григорий и Владимир — и дочь Александра.

После освобождения от крепостной зависимости Капитон Лукич занялся торговлей. Надо полагать, что дела его шли успешно, ибо он был причислен к сословию купцов второй гильдии, приобрел в городе собственный дом, а в окрестностях Грайворона — 70—80 десятин земли. Последние годы жизни он служил в местной земской управе. Умер Капитон Лукич в 1904 г., а Агриппина Григорьевна — в 1908 г.

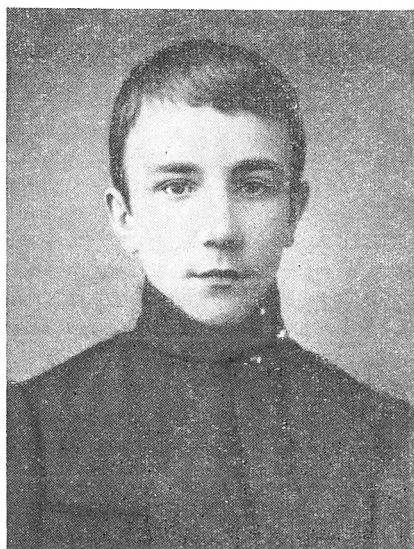
Старший сын Капитона Лукича — Петр — наследовал дело отца. Впоследствии, будучи членом городского самоуправления, он всячески содействовал благоустройству Грайворона. Им была построена городская электростанция, впервые в городе открыт кинематограф. Григорий стал бухгалтером, Владимир — путейским инженером.

Среди братьев и сверстников Анатолий выделялся особым прилежанием и сосредоточенностью; в нем рано пробудилась жажда к чтению, к приобретению знаний. Среднее образование он получил в Харькове, где в 1901 г. блестяще окончил реальное училище. Уже в последних классах училища перед юношей возник вопрос: что же делать дальше, какому делу посвятить себя, свою жизнь? Внимание молодого человека, страстно желавшего продолжать учебу, привлек Петербургский горный институт, старейшее высшее техническое учебное заведение России.

Детство и юность Анатолия проходили недалеко от «угольной жемчужины» России — Донецкого бассейна; молодой Болдырев, конечно, слышал рассказы об интересной работе горных инженеров, среди которых виднейшую роль играли выпускники Петербургского горного института. Очевидно, именно тогда в нем зародилась мысль — посвятить свою жизнь увлекательному делу поиска полезных ископаемых, изучению свойств руд и минералов и извлечению их из недр Земли.

Он несомненно знал и о той славе, которой пользовался Петербургский горный институт благодаря своему первоклассному профессорско-преподавательскому составу и глубокому всестороннему образованию, которое он давал своим питомцам.

Имена выдающихся геологов — горных инженеров Феодосия Николаевича Чернышева, Леонида Ивановича Лутугина, Николая Николаевича Яковлева, возглавлявших геологические исследования в Донецком бассейне, создали широкую известность прославленному институту. Все эти



*А. К. Болдырев в период окончания реального училища  
и поступления в Петербургский горный институт (1901 г.).*

обстоятельства и определили судьбу молодого человека. Сразу же по окончании Харьковского реального училища 18-летний юноша отправляется в Петербург с надеждой попасть в число студентов Горного института.

Поступление в Горный институт было сопряжено с большими трудностями. На каждое вакантное место претендовало несколько, а иногда и десятки кандидатов. Отбор наиболее достойных был весьма строгим. Настойчивый юноша преодолел это препятствие и в 1901 г. был зачислен в число студентов института.

Каждый, кто впервые вступает в здание Горного института, попадает под обаяние строгого архитектурного стиля этого храма отечественной геологии, горного дела и металлургии. Творение замечательного русского зодчего А. Н. Воронихина глубоко и тонко отображает дух смелого дерзания человека, проникающего в тайны земных недр. Издалека виден широкий, сравнительно невысокий массивный фасад, выходящий на набережную Невы, украшенный 12 мощными колоннами дорического стиля и

завершенный классически простым высоко поднятым фронтоном. Внешний вид здания блестяще воплощает идею тяжести горы, в которой заключены несметные богатства, и входа в «подземное царство», царство Плутона через торжественно массивный портик. Под карнизом, справа и слева от портала здания, протягиваются барельефные фризы работы В. И. Демут-Малиновского, в античных образах символизирующие горное дело (в углу левого фриза — добывание руды, в правом —ковка металла). От фасада вправо и влево уходят двухэтажные боковые крылья здания, своей приземистостью подчеркивающие органическую связь всего архитектурного ансамбля с Землей.

Установленные по бокам широкой лестницы две скульптурные группы из пудожского камня — «Борьба Геркулеса с Антеем» С. С. Пименова и «Похищение Прозерпины Плутоном» В. И. Демут-Малиновского — также аллегорически выражают связь человека с Землей.

Великан Антей, сын Посейдона и Геи, олицетворяющей в греческой мифологии Землю, свою силу в борьбе со стихиями черпал лишь в соприкосновении со своей матерью-Землей. Всех вторгавшихся в его царство чужеземцев Антей вызывал на поединки; когда же во время боя он уставал, ему было достаточно коснуться Земли, и сила его тотчас восстанавливалась. Весьма образно это выразил Генрих Гейне в одном из своих стихотворений: «Гигант, материнской коснувшись груди, исполнился новой силы».<sup>1</sup> Никто не смел нарушить покой матери-Земли с ее подземными богатствами, пока она имела такого могучего сына. Обладая же подземными богатствами, можно овладеть и плодами земного изобилия.

Популярнейший мифический герой Древней Греции Геракл (Геркулес) совершил множество великих подвигов, за что после смерти был вознесен Зевсом на Олимп и причислен к сонму бессмертных богов. Узнав, что силу в борьбе Антей черпает только при соприкосновении с Землей, Геракл вступил в бой с Антеем, оторвал его от спасительной Земли, приподнял и задушил в воздухе.

Скульптурная группа, изображающая победу Геракла над Антеем, как бы олицетворяет победу человека — по-

---

<sup>1</sup> Гейне Генрих. Поэма «Германия». Пер. В. Левика. — Собр. соч., 1957, т. 2, с. 270.

корение Земли могучей силой — человеком, наделенным разумом и ловкостью. Очень поэтично эту мысль выразила русская поэтесса прошлого века Каролина Павлова (1807—1893):

Не раз врага сразил он злого,  
Но, опрокинутый, с пыли,  
Вставал грозней, окрепнув снова,  
Неукротимый сын Земли.

И начинался спор сначала,  
Ожесточенней, чем сперва,  
И бой вести не уставала  
Власть духа с властью вещества.

И вдохновенной мысли ныне  
Завистливо противостать  
Взялось, в слепой своей гордыне,  
Земли могущество опять.

С ней вновь в борьбу оно вступило,  
Упорно длится битва их;  
И будет ныне духа сила  
Опять сильнее сил земных.<sup>2</sup>

Вторая скульптурная группа у входа в Горный институт изображает бога подземного царства, владыку подземных богатств Плутона (Аида) в момент похищения им дочери богини Деметры прекрасной Персефоны. Плененный молодостью и красотой Персефоны, Плутон решил взять ее в жены и однажды, когда Персефона резвилась в цветущей Нисейской равнине, он схватил ее, усадил в колесницу и умчал в подземное царство. Как жена Плутона, она становится владычицей всех земных недр. Убитая горем Деметра испросила у Зевса разрешение для дочери ежегодно посещать мать на поверхности земли, что обычно связывается с периодическими весенними обновлениями природы.

Можно было бы предложить и геологическую интерпретацию этого мифа и периодические выходы Персефоны на поверхность земли, доставляющие радость матери-Деметре, богине плодородия, отождествлять с дарами человечеству владычицы земных недр, принимающими вид полезных ископаемых.

---

<sup>2</sup> Павлова Каролина. — Полн. собр. соч. М.—Л., 1964, с. 174, 175. Библиотека поэта. Большая серия.

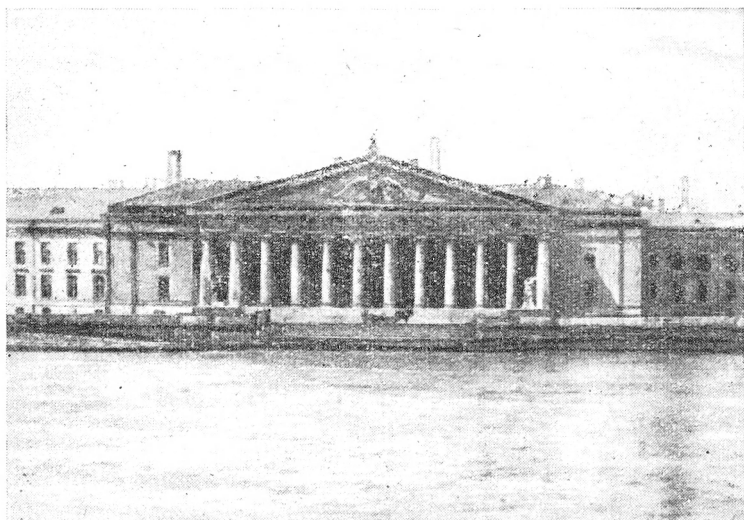
Претерпев на протяжении полутора столетий ряд преобразований (Горное училище — Горный кадетский корпус — Институт корпуса горных инженеров), Горный институт во второй половине XIX в. превратился в открытое высшее учебное заведение. В самом конце XIX — начале XX в. в нем был сконцентрирован перво-классный профессорский состав. Преподавание главнейших дисциплин велось на весьма высоком по тому времени уровне. Так, кристаллографию и петрографию читал великий русский ученый Е. С. Федоров; минералогию преподавал блестящий педагог профессор В. В. Никитин; геологию вел крупнейший геолог и великолепный лектор профессор И. В. Мушкетов, после смерти И. В. Мушкетова кафедру геологии возглавил К. И. Богданович, впервые организовавший «Курс геологии месторождений полезных ископаемых». Историческую геологию преподавал крупнейший геолог, выдающийся знаток геологии Донецкого бассейна Л. И. Лутугин, создавший прославленную школу донецких геологов. Курс палеонтологии в институте вели И. И. Лагузен и Н. Н. Яковлев. Преподавание общеобразовательных дисциплин находилось в руках талантливейших профессоров — И. П. Долбни (математика), Д. П. Коновалова и Н. С. Курнакова (химия), М. А. Шателена и В. Ф. Миткевича (физика). Специальные горные дисциплины читались профессорами В. И. Бауманом — основателем отечественной маркшейдерской школы и И. А. Тиме — крупнейшим представителем горной науки.

В подавляющем большинстве это были блестящие лекторы, видные ученые, глубокие знатоки своего дела. Многие из них впоследствии стали академиками и своими выдающимися трудами прославили отечественную науку и Горный институт.

Однако постепенно на смену старейшему поколению профессоров приходили современники А. К. Болдырева, молодые талантливые силы, впоследствии ставшие крупнейшими учеными и профессорами института — А. Н. Заварицкий, Д. И. Мушкетов, Д. В. Наливкин, А. А. Скочинский, Б. И. Бокий, А. А. Борисяк, П. И. Степанов и др.

Подавляющее большинство профессоров параллельно с педагогической деятельностью вели большую научную и практическую работу в научно-исследовательских и производственных учреждениях России. Совмещение препода-





*Горный институт. Фотография начала XX в.*

давания в Горном институте с деятельностью в Геологическом комитете (Л. И. Лутугин, Н. Н. Яковлев, К. И. Богданович и др.), а также с полевыми геологическими исследованиями в промышленных районах Урала и Кавказа (Е. С. Федоров, В. В. Никитин) плодотворно сказывалось на взаимосвязи научно-теоретических выводов с практической инженерной деятельностью и придавало читаемым курсам практическую направленность.

Особенно тесными были связи Горного института с Геологическим комитетом: более 90 % студентов-геологов работало в Геологическом комитете в качестве коллекторов и практикантов, а в 1924 г., например, из 67 геологов, работавших в Геологическом комитете, 44 человека были воспитанниками этого института.

Все это придавало институту особый авторитет и привлекало к нему молодых людей. Стремлению молодежи в Горный институт способствовала также его известность как высшего учебного заведения, в котором многие профессора придерживались передовых, прогрессивных взглядов, а нередко и активно выступали против бюрократически-чиновничьего уклада царской России за политическое

обновление русской действительности. Студенты института нередко сами принимали участие в забастовках и студенческих демонстрациях.

Именно революционная настроенность студенчества Горного института привлекла в его стены и молодого Плеханова. Г. В. Плеханов учился в Горном институте в 1874/75—1876/77 учебных годах. К началу XX в. он уже был известен как выдающийся пропагандист марксизма; его трудами зачитывалась учащаяся молодежь. Это обстоятельство во многом способствовало известности института как учебного заведения, в котором находили благодатную почву и развивались передовые прогрессивные идеи. Небезынтересно отметить, что реакционер-черносотенец В. М. Пуришкевич с трибуны Государственной думы 16 марта 1909 г. во всеуслышание говорил о «революционном засилии, которое царит в Горном институте».<sup>3</sup>

Такова была обстановка в этом учебном заведении, когда в него поступил молодой Болдырев. Стесненные материальные обстоятельства вынудили молодого человека в старших классах реального училища (с 1898 г.) и на первом курсе института самостоятельно добывать средства к существованию: давать уроки и подрабатывать репетиторством.

Жажда знаний, сосредоточенность и выдающиеся способности, столь характерные для этого студента, сразу же привлекли к нему внимание двух выдающихся ученых Горного института — профессоров Евграфа Степановича Федорова и Василия Васильевича Никитина. Под их влиянием и руководством, как признавал сам Анатолий Капитонович, он уже с 1903 г. начал специализироваться в науках геологического цикла, главным образом в области кристаллографии, минералогии и петрографии. Глубокий интерес к геометрии и кристаллографии выделял его среди сверстников. Е. С. Федоров как-то однажды сказал, что Болдырев — единственный из его учеников, которому он мог бы поручить чтение корректур его курса «Новая геометрия». Заслужить такой отзыв Федорова, учитывая трудный материал «Новой геометрии», было совсем нелегко.

---

<sup>3</sup> Идеиные кассиры. — Из истории Горного института императрицы Екатерины II. Дело по обвинению В. М. Пуришкевича в клевете. СПб., 1910, с. 12.

Первоклассная научная школа гениального Федорова и замечательного минералога Никитина выработала в молодом студенте и начинающем ученом черты точного исследователя, скрупулезного наблюдателя фактов, глубоко продумывающего свои научные выводы. Эти черты Анатолий Капитонович сохранил на всю жизнь как в своей многогранной научной деятельности, так и в педагогической, неизменно прививая их своим сотрудникам и ученикам.

Отсутствие в годы студенчества Болдырева жестких сроков обучения давало возможность молодому человеку параллельно с учебой много времени уделять практической деятельности — освоению приемов полевых и камеральных геологических исследований; помимо всего, это позволяло материально обеспечивать жизнь и учение.

На примере своих учителей он понял всю плодотворность сочетания научной и педагогической работы с практической деятельностью и в 1903 г. под руководством профессора Е. С. Федорова совершил свою первую поездку в качестве коллектора-практиканта в район Кандалакшской губы Белого моря и на Мурманское побережье для изучения геологии и горных пород этих районов. Летом 1904 и 1905 гг. под руководством профессора Никитина в качестве коллектора — «производителя работ» он проводил геологические исследования в районе Благодатных рудников вблизи Екатеринбурга (ныне Свердловска). Летом 1906 г. вновь под руководством профессора Федорова Болдырев работал практикантом на Кедабекском медном руднике на Кавказе, а в 1907 г. занимался микроскопической обработкой коллекции минералов и горных пород. В 1908 г. уже в должности помощника геолога Анатолий Капитонович вел геологическую работу в окрестностях горы Высокой (Нижний Тагил) на Урале и принимал участие в составлении геологической карты рудных месторождений района. В должности помощника геолога и научного сотрудника в 1908—1910 гг. он проводил геологические исследования в Верхнеуральском районе под руководством крупнейшего геолога, замечательного знатока уральских месторождений золота и платины Н. К. Высоцкого (1864—1932).

Интенсивная практическая деятельность на протяжении 1903—1910 гг. имела для Болдырева как исследователя-ученого огромное значение. За эти годы он капи-

тально освоил практику полевых геологических работ и глубоко овладел методами детальных камеральных минералогических и петрографических исследований. Формированию его как серьезного, скрупулезно точного, способного к самостоятельным исследованиям и широким теоретическим обобщениям ученого способствовало систематическое общение с такими замечательными педагогами и учеными, какими были его учителя Е. С. Федоров, В. В. Никитин и Н. К. Высоцкий. Глубочайшее уважение к этим славным именам, представляющим гордость отечественной науки, А. К. Болдырев сохранил до последних дней своей жизни, когда он сам уже был ученым с мировым именем.

К 1907 г. относится первая печатная работа Анатолия Капитоновича, написанная по заданию Е. С. Федорова. Она посвящена описанию кристаллов динитробромбензола и изоморфной смеси динитробромбензола с динитрохлорбензолом. Кристаллография, и в первую очередь геометрическая кристаллография, становится краеугольным камнем его научных интересов. Следующая его научная работа «Основы геометрического учения о симметрии», представленная к печати профессором В. В. Никитиным на заседании Минералогического общества 13 ноября 1907 г. и напечатанная в том же году, получила самую высокую оценку Е. С. Федорова и на заседании Совета Горного института была удостоена премии имени академика П. В. Еремеева. Уже тогда Е. С. Федоров отметил в работе Болдырева «чрезвычайную строгость математической логики», которая красной нитью проходит через все его научное творчество.

Замечательным качеством молодого ученого, проявившимся уже в раннем периоде его научного творчества, была способность во всех научных и практических исследованиях сказать новое слово, найти то главное, наиболее интересное, что достойно научной публикации.

Труды раннего периода его научного творчества, уже упоминавшиеся выше, и последовавшие за ними «Диаграммы, связывающие величины двупреломления главных сечений и величину угла оптических осей» (1911 г.), большая монография «Петрография Восточного Мурмана (Лапландия)» (1913 г.), статьи, посвященные геометрическим свойствам окружности (1913 г.), измерению углов наклона буровых скважин (1913 г.), теории подсчета за-

пасов металла в россыпях (1914 г.), — ярко свидетельствуют о широком диапазоне его научных интересов; многие из них и по сей день не потеряли своей научной, практической и познавательной ценности.

Увлечение практической стороной геологических исследований заметно задержало Анатолия Капитоновича с официальным завершением обучения в институте. Однако, как увидим далее, это ни в коей мере не отразилось на его становлении как ученого.

Не оставался чуждым Болдырев и прогрессивным, передовым идеям современной ему революционной действительности. Анатолий Капитонович со всей страстностью молодого сердца воспринял идеи справедливой борьбы угнетенных масс против произвола и деспотизма самодержавия.

В период первой русской революции, в 1905 г., Болдырев принимает активное участие в студенческом движении и в работе кружка социалистов-революционеров. Хорошо зная революционные взгляды своего учителя и предвидя то новое, прогрессивное и передовое в учебной и общественной жизни института, которое могло бы получить развитие лишь под руководством Е. С. Федорова, он всячески убеждал Евграфа Степановича согласиться на директорство. Как известно, в 1905 г. Е. С. Федоров стал первым выборным директором Петербургского горного института и полностью оправдал эти надежды.

За участие в студенческих сходках протеста против избития политических ссыльных в тюрьмах Вологды и Зарентуя Анатолий Капитонович в 1910 г. был исключен из Горного института, а в январе 1911 г. арестован и сослан под гласный надзор полиции на три года в Пермскую губернию с правом поступления на службу по специальности. Учеба в институте на многие годы оказалась прерванной.

Пробыв некоторое время после ареста в городской тюрьме, Болдырев по этапу был отправлен к месту ссылки. Впервые испытал на себе молодой человек несправедливость и вопиющее унижение человеческого достоинства, оставившие в его памяти неизгладимый след. Первоначально он был сослан на Северный Урал, в Чардынский уезд. Однако в мае 1911 г. благодаря хлопотам профессора В. В. Никитина его перевели в Нижне-Тагильский округ (Средний Урал), где по рекомендации того же

В. В. Никитина он получил работу геолога и возглавил разведочные работы на золото, платину, железо, медь, хром, марганец, асбест, хризолиты, строительные и огнеупорные материалы. Успешному выполнению работ во многом способствовало практическое и теоретическое изучение геологии и горного дела под руководством выдающихся учителей и наставников по Горному институту и Геологическому комитету.

В архиве А. К. Болдырева хранится весьма интересный материал — его воспоминания на 93 страницах, к сожалению, оставшиеся неоконченными.<sup>4</sup> В них Анатолий Капитонович описывает свои переживания, впечатления и наблюдения во время следования по этапу из Петербурга на Урал. Рукопись так и называется — «Этап» и отражает период его жизни с 4 мая по середину ноября 1911 г.

Уже в те годы проявилась глубокая принципиальность Болдырева, составлявшая одну из типичных черт его характера. Перед отправкой на Урал ему было разрешено ехать к месту ссылки «за свой счет», отдельно от остальных, лишь в сопровождении двух переодетых городских. Однако он считал для себя невозможным находиться в исключительном положении и предпочел следовать вместе со всеми отправляемыми по этапу, чтобы испытать на себе все тяготы и «бездну унижений человеческого достоинства».<sup>5</sup> В своих воспоминаниях он писал: «Хочу видеть, что могут делать люди с людьми».<sup>6</sup> Реакция на бесконечные обыски (по 14 раз в течение месяца) во время следования к месту ссылки нашла отражение в следующих словах: «Никогда более, чем при обыске, не чувствовал я такого безысходного бессилия. Протестовать против мелочей не хочешь: может быть, и достигнешь цели, но это так изматывает душу».<sup>7</sup> Вот как, по словам Болдырева, проходил обыск: «Какой-то человек, чужой и грубый, рассматривает все, что у меня есть, подозревает меня и говорит мне прямо, что я лгу ему и прячу от него что-то, распоряжается тем, что я могу иметь и чего не могу. Он приказывает мне снять пальто, снимает сам у меня

---

<sup>4</sup> Болдырев А. К. «Этап». Рукопись. 93 с. — Кафедра кристаллографии ЛГИ.

<sup>5</sup> Там же, с. 1.

<sup>6</sup> Там же.

<sup>7</sup> Там же, с. 4.

с головы фуражку. Он ощупывает каждую складку и швы, и подкладку, шарит у меня в карманах, достает носовой платок, кошелек, карандаш. Он открывает кошелек, осматривает две пуговицы, там лежащие, марки, вынимает и разворачивает почтовые расписки и багажную квитанцию и долго на них смотрит. Письма от близких, клейменные штемпелями жандармов и прокурора и измазанные желтыми полосами для химического исследования, он тащит у меня из бокового кармана, вынимает из конвертов, разглядывает и развернутыми отдает мне. Он ощупывает все тело, велит мне расстегнуть жилет и пояс брюк и шарит. Стоишь бессильный. Внутри какая-то мертвая зыбь. Заметив маленький пакетик с солью, спрашивает: „Что это?“. Отвечаю: „Это соль“. Солдат молча рвет бумажку и высыпает соль на пол. Он грубо роется в моем белье, кое-что разворачивая и разглядывая. Он достает из мешка подушку, ощупывает ее... Все перерыто. Все в куче... У меня отбирают карандаш, марки, зубной порошок, ложку, выбрасывают из кармана бумагу. Перочинный нож, часы, деньги были отобраны у меня давно, еще при приеме в тюрьму».<sup>8</sup>

В своих воспоминаниях Анатолий Капитонович описывает быт царских тюрем и чудовищную антисанитарию. Уголовные шли вперемешку с политическими, многие в кандалах или наручниках. При пересадке из одного поезда в другой на арестантов надевали цепи: «Ко мне подошел солдат и одел мне на левую руку у кисти холодное железное кольцо с шарниром. В его проушины он пропустил цепь, идущую от такого же кольца, надетого на руку соседа. Он замкнул эту цепь замком и перешел к следующей паре... Мы не можем уйти друг от друга и держим скованные руки близко».<sup>9</sup> Глубокое чувство негодования вызывает все это у Болдырева, и он пишет: «Не могут одни люди связывать других цепями».

С непоколебимой верой в торжество справедливости и гуманности он заявляет: «Знаю только, что будет другое время. Что человечество уйдет от этого, как ушло от людоедства и рабства».<sup>10</sup> Примечательно, что это написано в 1911 г.!

---

<sup>8</sup> Там же, с. 4, 5.

<sup>9</sup> Там же, с. 20.

<sup>10</sup> Там же.

Чувство острой неприязни вызывали у него тюремные надзиратели. Воспитанные в духе ежеминутного попирания человеческого достоинства, все они, по его мнению, «почти без исключения, люди злые, мелочные, мстительные, а если и попадется кто-нибудь мягкий и светлый, он быстро огрубеет от самой своей службы».<sup>11</sup> Самым обычным явлением было избивание заключенных, подчас эфесами пашек и ключами.

Воспоминания А. К. Болдырева — ценный фактический материал, достойный обработки и публикации. Он покоряет читателя, если не новизной, то исключительной документальностью и достоверностью. Однако значение этого мемуарного труда не ограничивается фактическим описанием нечеловеческих условий быта в царских тюрьмах. Философски осмысливая и публицистически оценивая все виденное и пережитое, Анатолий Капитонович убедительно показывает, что царская тюрьма подчас окончательно добывает попавших в нее людей, навсегда калечит их психику, убивает в них маленькое человеческое счастье. Характеризуя своих спутников по этапу, он наглядно показывает социальные корни преступности, повсеместное судебное беззаконие, бездушие, попирание любого проявления критического отношения к царской действительности. Следует иметь в виду, что и сам Болдырев был сослан на Урал только за участие в протесте студентов против незаконного избивания арестованных в царской тюрьме! С болью в сердце он восклицает: «Грубые удары, попадавшие на нежные ткани человеческого характера, больно ранившие их при своем падении, оставляют на нашей психике неизгладимые черты».<sup>12</sup> И далее: «Если и можно изгонять или запереть тех, кто вреден, то все же нельзя мучить людей!».<sup>13</sup>

В апреле 1914 г. закончился срок ссылки. Анатолий Капитонович оставил работу в Нижне-Тагильском горном округе и возвратился в Петербург. Недолгое время он служил гидрогеологом в Отделе земельных улучшений, а летом проводил гидрогеологические исследования в районе оз. Иссык-Куль и в бассейне р. Чу (Семиречье, Туркестан), где изучал фильтрацию горных пород.

---

<sup>11</sup> Там же, с. 24, 25.

<sup>12</sup> Там же, с. 49.

<sup>13</sup> Там же, с. 52.



Началась первая мировая война. В ноябре 1914 г. — по возвращении с полевых работ — Болдырев был мобилизован в армию в качестве ратника первого разряда и после кратковременного пребывания в запасном батальоне Новочеркасского полка на Охте (Петроград) в феврале 1915 г. переведен на нестроевую службу в химическую лабораторию Усть-Ижорского завода дымовых завес вблизи Колпино, где и работал лаборантом-химиком до 1918 г. Здесь пришлось Анатолию Капитоновичу столкнуться с новой для него областью — химией. Выдающиеся способности позволили ему быстро и серьезно вникнуть в проблемы теоретической и методы практической химии. Об этом свидетельствует его почти четырехлетняя плодотворная научная и производственная работа в области химической технологии. Именно в эти годы им было выполнено крупное исследование, посвященное процессу получения в больших количествах — лабораторным путем — важных в военном отношении материалов — хлористого ацетила, хлористого сульфурила и монохлоруксусной кислоты. Результаты этой работы были им впоследствии изложены в научной статье «Хлористый ацетил, хлористый сульфурил и монохлоруксусная кислота...», получившей одобрение крупнейшего химика академика Н. С. Курнакова. Статья была напечатана в 1929 г. в Записках Горного института.

В тот же период (с марта по ноябрь 1917 г.) А. К. Болдырев состоял в партии социал-революционеров, но вскоре порвал с ней все связи. Свой выход из этой партии он мотивировал так: «После Октябрьской революции, когда партия социал-революционеров явно пошла против подавляющего большинства рабочих и крестьян, я вышел из нее, оставил активную политическую деятельность и занялся исключительно научной».<sup>14</sup>

Как человек прогрессивный и революционно настроенный, Анатолий Капитонович пользовался большим авторитетом среди рабочих и солдат Усть-Ижорского завода и после Февральской революции был избран в Петроградский Совет рабочих и солдатских депутатов.

После демобилизации, в феврале 1918 г., Болдырев зачисляется сотрудником Геологического комитета, а летом

---

<sup>14</sup> Автобиография А. К. Болдырева, написанная им в 1937 г. — Архив отдела кадров ЛГИ. Личное дело А. К. Болдырева.

того же года проводит геологические исследования вблизи Зырянского рудника на Алтае. С этого времени началась его непрерывная многолетняя работа по научно-исследовательской тематике в Геологическом комитете, которую он совмещал с научной и педагогической деятельностью в Горном институте.

К моменту поступления А. К. Болдырева в Геологический комитет это учреждение, основанное в 1882 г., стало главнейшим центром геологического изучения России. В 1918 г. Геологический комитет прочно обосновался в новом, специально построенном для него здании на Среднем проспекте Васильевского острова в Петрограде. Великолепные помещения, высокие просторные кабинеты, широкие коридоры с установленными вдоль стен шкапами для геологических образцов, прекрасные обширные залы для музея, занимавшие весь верхний этаж здания, и библиотеки — все это представляло своего рода дворец отечественной геологии. Исключительную роль в превращении Геологического комитета в центр геологического изучения нашей Родины сыграли его выдающиеся директора, крупнейшие отечественные геологи академики А. П. Карпинский и Ф. Н. Чернышов, профессор К. И. Богданович.

Плодотворная научная деятельность Анатолия Капитоновича в Геологическом комитете, в 1931 г. переименованном в Центральный научно-исследовательский геологоразведочный институт (ЦНИГРИ),<sup>15</sup> продолжалась вплоть до 1938 г.

В 1918 г. обстоятельства, наконец, позволили Болдыреву после восьмилетнего перерыва возвратиться в Горный институт для завершения образования. В Горный институт возвратился уже вполне сформировавшийся ученый, с большим опытом практической работы в области геологии, минералогии и химии, автор целого ряда научных статей, обобщавших итоги научных и производственных работ 1905—1918 гг. О выдающихся знаниях и практическом опыте Анатолия Капитоновича к началу возобновления его учения в Горном институте свидетельствует знаменательное и довольно редкое в жизни высших учебных заведений событие — 2 декабря 1918 г. на заседании Совета Горного института было рассмотрено предложение

---

<sup>15</sup> Его современное название (с 1939 г.) — Всесоюзный научно-исследовательский геологический институт (ВСЕГЕИ).

профессора В. В. Никитина о назначении студента Болдырева исполняющим обязанности внештатного ассистента по определению минералов паяльной трубкой и вынесено по этому представлению положительное решение. Так студент А. К. Болдырев становится преподавателем минералогии Горного института — ассистентом профессора В. В. Никитина и даже с оплатой педагогического труда за 4 часа в неделю.

Совмещая учебу и преподавание в Горном институте с научной работой в Геологическом комитете, А. К. Болдырев в декабре 1919 г. успешно завершает свое образование в Горном институте на геологоразведочном факультете и официально получает звание горного инженера.

Итак, формальное образование закончено. Но незадолго до официального окончания учебы Совет Горного института назначает Анатолия Капитоновича, «за смертью академика Е. С. Федорова», преподавателем кристаллографии, а уже в следующем, 1920 г. тот же Совет института избирает его «замещающим обязанности профессора по кафедре кристаллографии».

Таким образом, первый период производственной, научной и педагогической деятельности Болдырева завершается двумя важнейшими событиями в жизни — официальным окончанием Горного института (декабрь 1919 г.) и признанием его научных и педагогических заслуг — избранием на должность замещающего обязанности профессора кристаллографии (1920 г.).

К этому времени Анатолий Капитонович, несмотря на житейские невзгоды и вынужденные длительные перерывы в учебе и научной работе, предстает перед нами уже вполне сформировавшимся ученым и педагогом, автором 9 напечатанных научных работ и 8 сданных в печать в такие авторитетные периодические издания, как Известия Геологического комитета, Известия Академии наук и Записки Минералогического общества. Анализ этих научных работ ясно свидетельствует о преобладающем кристаллографическом направлении его творческих интересов. Из 17 его научных трудов, относимых к концу 1920 г., 9 работ посвящены геометрической кристаллографии. Среди них мы видим глубоко продуманные исследования, и до настоящего времени представляющие выдающийся теоретический интерес. Это известные «Основы геометрического учения о симметрии» (1907 г.),

статьи о зеркально-поворотных осях симметрии (1920 г.), о практике работы с помощью стереографических проекций (1920 г.), о кристаллооптических исследованиях минералов (1911, 1920 гг.) и др. Особенно плодотворным для Болдырева оказался 1920 г., когда он смог снять с себя напряжение по формальному завершению учебы в институте и оформить для печати свои научные результаты прошлых лет.

Обозревая этот период жизненного пути Анатолия Капитоновича, мы видим, что в каких бы условиях он ни находился, какими бы неожиданными обстоятельствами ни прерывалась его научная деятельность, мозг его деятельно и целеустремленно работал на благо кристаллографии, минералогии и петрографии, а в тех случаях, когда жизнь сталкивала его с другими отраслями научной и практической деятельности, он и там находил участки для приложения творческой научной мысли. Ярким подтверждением этого являются его статьи, касающиеся измерения углов наклона буровых скважин (1913 г.), теории подсчета запасов металла в россыпях (1914 г.), фильтрации в горных породах (1915 г.) и, наконец, различных вопросов прикладной химии (1916, 1918 гг.).

К 1920—1921 гг. Анатолий Капитонович Болдырев — уже солидный ученый, и прежде всего кристаллограф, глубоко эрудированный в минералогии, петрографии, прикладной геологии, горном деле и химии. Широта научных интересов в сочетании с глубочайшей привязанностью к кристаллографии — характерные черты Болдырева-ученого, которые сохранялись на протяжении всей его жизни.

### **Профессор Горного института и старший геолог Геологического комитета — ЦНИГРИ (1920—1938 гг.)**

Как уже отмечалось, вскоре после окончания Горного института (документ о завершении полного курса наук по геологоразведочному факультету института датирован 1 декабря 1919 г.), в 1920 г., Анатолий Капитонович избирается Советом института на должность профессора по кафедре кристаллографии. Напомним, что еще в период студенчества, в 1918—1919 гг., он преподавал минералогию и кристаллографию. Достоинно удивления: студент — ассистент, а через полгода после окончания института — профессор! Это заслуженное признание его выдающихся знаний и научных достижений.

С этого времени А. К. Болдырев полностью погружается в научную и педагогическую работу, необычайно плодотворно продолжавшуюся до 1938 г. Именно на 1920—1938 гг. приходится расцвет его многогранной научной и педагогической деятельности.

В июне месяце 1921 г. состоялась публичная защита А. К. Болдыревым своих научных трудов на соискание звания профессора.<sup>1</sup> Авторитетнейшее собрание институтских профессоров, прославленных ученых — Н. Н. Яковлев, Б. И. Бокий, А. А. Борисяк, А. П. Карпинский, Н. С. Курнаков, В. В. Никитин, А. П. Герман — на основании отзывов крупнейших русских ученых — кристаллографа профессора Г. В. Вульфа и минералога В. В. Никитина, выступлений А. П. Германа, Ю. А. Жемчужникова и Н. К. Разумовского, высоко оценивших научные заслуги Анатолия Капитоновича, единогласно признало защиту удовлетворительной и объявило Болдырева

---

<sup>1</sup> В то время это называлось «кандидата на кафедру».

достойным официально занимать пост профессора кристаллографии. А. К. Болдырев стал полноправным профессором Горного института и заведующим кафедрой кристаллографии.

Через год после публичной защиты своих научных трудов и получения звания профессора кристаллографии Анатолий Капитонович был избран также профессором минералогии Горного института с одновременным оставлением в должности профессора кристаллографии. На протяжении многих лет, до 1930 г., Болдырев вел интенсивную педагогическую и научную работу также и по минералогии.

В качестве преподавателя высшей школы главное внимание А. К. Болдырев сосредоточивает теперь на совершенствовании преподавания науки о кристаллах, разработке наиболее рациональных методов преподавания и создании наглядных учебных пособий по курсу геометрической кристаллографии.

После Великой Октябрьской социалистической революции положение высших учебных заведений в нашей стране коренным образом изменилось. Послереволюционные годы для Ленинградского горного института, как и для других высших учебных заведений страны, ознаменовались значительной перестройкой всего учебно-методического процесса, вызванного резким увеличением контингента и изменением социального состава студентов; многие из них направлялись в высшие учебные заведения через рабочие факультеты или производство. Это диктовалось острой необходимостью в возможно более короткий срок создать трудовую инженерную интеллигенцию из среды трудящихся — рабочих, крестьян и служащих.

Вопросы скорейшего перехода народного хозяйства страны на социалистические рельсы, необходимость быстрого применения достижений науки во всех отраслях народного хозяйства, а также качественно иной состав студентов требовали поисков новых методов преподавания. В Горном институте, как и в других высших учебных заведениях страны, начался период непрерывных экспериментов по методам организации учебного процесса, по методам преподавания горно-геологических дисциплин.

Стремясь так организовать педагогический процесс, чтобы он давал студентам глубокие и прочные знания,

Болдырев резко выступал против малоэффективных приемов преподавания, и в частности против так называемого бригадно-лабораторного метода, когда студенты прорабатывали материал самостоятельно, почти без лекций, бригадами, а проверка знаний осуществлялась через представителя; на какую оценку сдавал дисциплину представитель студенческой бригады, такую же оценку получали и все ее члены. Наряду с таким методом, к счастью, продержавшимся лишь короткое время, в практике преподавания испытывались и другие.

Несмотря на значительное увеличение числа студентов, долгое время учебные помещения Горного института оставались в пределах дореволюционных масштабов. Так, кафедры кристаллографии и минералогии ютились в нескольких небольших разобщенных помещениях. Ни о каком серьезном расширении кафедр тогда нельзя было и думать. Назревала необходимость кардинального расширения учебных площадей института.

Именно в этот период Анатолий Капитонович направил все усилия на создание учебников и учебных пособий, отвечающих условиям времени. С первых шагов своей профессорской деятельности все учебные планы и преподавание кристаллографии он ориентировал на реализацию федоровских научных идей применительно к новому поколению студентов. Всеми мерами он стремился к тому, чтобы кристаллографические знания были бы прочно усвоены студентами и вместе с тем, чтобы преподавание, сохраняя высокие и строгие принципы, было бы доступно и легко воспринималось студентами.

С этой целью А. К. Болдырев энергично работает над учебником кристаллографии, первое литографированное издание которого увидело свет в 1926 г. Знаменитый федоровский курс кристаллографии для студенчества 20-х — 30-х годов был достаточно труден, к тому же он несколько устарел — в нем не были отражены успехи кристаллографии первых двух десятилетий XX в. Анатолий Капитонович взял на себя труд составить новый курс — учебник, где нашел бы отражение новый этап развития кристаллографии как науки, учебник, который был бы притом приспособлен к принципиально новому поколению студентов, но отражал бы идеи великого реформатора кристаллографии Е. С. Федорова. По строгости изложения основ науки учебник Болдырева не уступал

курсу Федорова, а по характеру подачи материала был более доступным для широких студенческих кругов того времени.

Той же цели совершенствования преподавания и лучшего усвоения кристаллографии посвящена работа А. К. Болдырева по вопросам кристаллографической номенклатуры (1925 г.). Привлекая молодых сотрудников (и в частности В. В. Доливо-Добровольского), он создал к 1934 г. новую кристаллографическую номенклатуру, построенную на строгой кристаллографо-этимологической основе, более доступную для запоминания студентами.

К концу октября 1924 г. относится, видимо не очень глубокий, конфликт А. К. Болдырева и Ю. А. Жемчужникова с редакцией студенческой стенной газеты. Не очень ясна суть конфликта, но, будучи глубоко принципиальным и убежденным в своей правоте, Анатолий Капитонович был вынужден заявить, что если не последует публичное извинение перед обоими профессорами, он оставит службу в институте. Конфликт благополучно разрешился, когда через несколько дней в стенной газете было помещено официальное признание несправедливости возведенных на двух выдающихся профессоров института обвинений. В своем письме на имя ректора Ленинградского горного института от 30 октября 1924 г. Болдырев пишет, что после публичного извинения он считает «для себя возможным продолжать педагогическую деятельность в Горном институте», вследствие чего просит «считать взятым обратно свое заявление об отставке».<sup>2</sup>

В 1924 г. А. К. Болдырев был избран исполняющим обязанности декана геологоразведочного факультета. Связанные с этой должностью обязанности отнимали у Анатолия Капитоновича много времени. Добросовестно проработав выборный срок, он энергично начал добиваться освобождения от должности декана. Она его очень тяготила, так как отвлекала от научной и педагогической деятельности.

После освобождения от обязанностей декана осенью 1925 г. Анатолий Капитонович был назначен председателем Государственной квалификационной комиссии по

---

<sup>2</sup> Письмо А. К. Болдырева на имя ректора Ленинградского горного института от 30 октября 1924 года. — Архив отдела кадров ЛГИ. Личное дело А. К. Болдырева.





*А. К. Болдырев — профессор Ленинградского горного института.  
30-е годы.*

геологоразведочному факультету. На протяжении четырех лет он руководил завершающим этапом подготовки геологических кадров. Среди учеников А. К. Болдырева и выпускников института по геологоразведочному факультету периода его председательства мы встречаем имена выдающихся представителей отечественной геологической науки — академиков А. Г. Бетехтина, Д. С. Коржинского, В. С. Соболева, членов-корреспондентов Академии наук Г. Б. Бокия, П. М. Татарина, О. Д. Левицкого, Б. И. Пиипа, профессоров М. Н. Годлевского, В. В. Доливо-Добровольского, Ю. А. Арапова, Г. М. Попова и многих других.

Отчетливо представляя будущие пути и направления развития кристаллографо-минералогических наук под благотворным влиянием научных идей Е. С. Федорова, А. К. Болдырев с первых же шагов своей деятельности в качестве профессора кристаллографии и минералогии предпринимал энергичные усилия по разъяснению и пропаганде идей Федорова. В 1921 г. он написал работу,

характеризующую основные направления научного творчества Федорова, главным образом по геометрии и геометрической кристаллографии. Одновременно он разрабатывал план научных исследований федоровской научной школы. Для реализации этого плана в 1920 г. он объединил под названием «Федоровский институт» для совместной работы и обсуждения научных проблем ученых — последователей Федорова в области кристаллографии и сопредельных наук. В период с 1920 по 1926 г. под руководством Анатолия Капитоновича было проведено более 30 заседаний Федоровского института, на которых было заслушано и обсуждено свыше 60 научных докладов, прочитанных как членами института, так и не принадлежащими к его составу учеными Ленинграда, Москвы и Свердловска. За тот же период Институтом было представлено к печати свыше 15 научных работ, опубликованных впоследствии в отечественных и иностранных журналах.

На протяжении первого пятилетия существования Федоровского института деятельность его выражалась главным образом в разработке различных вопросов геометрической кристаллографии и теоретической минералогии. Ряд заседаний был посвящен пересмотру кристаллографической номенклатуры и выработке новой терминологии; в развитие идей Федорова был разработан новый метод определения вещества по формам его кристаллов (автор — А. К. Болдырев). Теория параллелоэдров Федорова получила дальнейшую разработку в трудах и докладах члена института профессора математики члена-корреспондента Академии наук Б. Н. Делоне. Цикл докладов академика Н. С. Курнакова и ряда других ученых был посвящен физико-химическому исследованию и анализу различных минералов — гидроокислов железа и др. На заседаниях института рассматривался ряд вопросов теоретической минералогии (классификация процессов минералообразования, определение понятия «минеральный вид» и др.). Профессор А. Н. Заварицкий демонстрировал первую модель микрорефрактометра, предназначенного для точного определения показателя преломления минералов в петрографических шлифах.

С течением времени научные заседания Федоровского института становились все более систематическими и постепенно перерастали в солидные ежегодные конферен-

ции, на которых обсуждались как общие, так и частные вопросы кристаллографии, минералогии, петрографии и сопредельных наук. Круг участников этих конференций с годами неуклонно расширялся и в настоящее время они получили всеобщую известность под названием «Федоровские научные сессии».

Стремясь придать организационную форму и официальное название научным заседаниям ученых федоровской школы, в 1924—1925 гг. Болдырев выдвинул идею о создании на основе добровольного объединения ряда кафедр Ленинградского горного института научно-исследовательской организации под официальным названием «Федоровский институт кристаллографии, минералогии, петрографии и рудных месторождений». По мысли Болдырева, Федоровский институт должен был базироваться на кафедре кристаллографии Горного института, с которой была связана многолетняя научная и педагогическая деятельность Е. С. Федорова как профессора института. На кафедре кристаллографии находится и личная библиотека Федорова, которая должна была послужить основой будущей научной библиотеки самого Федоровского института, а также ряд лично принадлежавших Федорову предметов — письменный стол, кабинетное кресло и др. На кафедре также была сохранена Болдыревым часть архива ученого. Анатолий Капитонович тщательно оберегал все то, что было связано с памятью его великого учителя, и предполагал создать при Федоровском институте мемориальный кабинет Евграфа Степановича.

Основная задача созданного Болдыревым института состояла в разработке и дальнейшем развитии федоровского научного наследия, в проведении научно-исследовательских работ в области наук, разрабатывавшихся Федоровым, и по направлениям федоровских научных идей. Для руководства Федоровским институтом, организационно входящим в состав Горного института, был создан Совет Федоровского института и коллегия Совета в составе директора, заместителя директора и ученого секретаря. На заседании Совета Федоровского института 2 декабря 1925 г. на пост директора был избран профессор А. К. Болдырев, заместителем директора — профессор А. Н. Заварицкий, ученым секретарем — В. В. Черных.

Став директором Федоровского института, Болдырев возбудил перед Наркомпросом РСФСР ходатайство об

официальном утверждении этого института. Государственный ученый совет (Москва) своим решением от 12 июля 1925 г. вынес постановление: «Считать принципиально необходимым учредить Федоровский научно-исследовательский институт».<sup>3</sup> К сожалению, дальнейшего организационного оформления Федоровский институт не получил, по-видимому из-за ограниченности средств. Но, несмотря на это, созданный энергией А. К. Болдырева Федоровский институт систематически проводит заседания, получая все большее признание среди широких кругов кристаллографов и минералогов и не только в общесоюзном, но и в мировом масштабе.

Деятельность Федоровского института в форме ежегодных Федоровских научных сессий и периодически издаваемых материалов с успехом продолжается уже более полувека. На протяжении длительного периода, с момента организации и вплоть до 1938 г., Анатолий Капитонович был его неизменным директором и руководителем. Великая Отечественная война на время ограничила, но не прервала деятельности Федоровского института и Федоровские научные сессии. В тяжелых условиях эвакуации традиционные Федоровские заседания проводились под руководством профессора В. С. Соболева (впоследствии ставшего академиком) в Черемхове (Сибирь).

Сразу же после окончания войны (в мае 1945 г.) Федоровские научные сессии возобновились в Ленинграде, и по сей день в мае они ежегодно организуются в стенах Горного института кафедрой кристаллографии. Преемником А. К. Болдырева по Федоровскому институту в настоящее время является профессор И. И. Шафрановский.

Современные Федоровские научные сессии привлекают сотни ученых со всех уголков Советского Союза; Федоровская сессия 1959 г. была проведена в международном масштабе; юбилейная сессия 1969 г. фактически превратилась в большую общесоюзную научную конференцию.

Научно-исследовательская деятельность А. К. Болдырева в период 1920—1926 гг. — наряду с педагогической — осуществлялась по-прежнему как в Горном инсти-

---

<sup>3</sup> Копия решения хранится в личном деле А. К. Болдырева. — Архив отдела кадров ЛГИ.

туте, так и в Геологическом комитете (ЦНИГРИ). В эти годы Анатолий Капитонович продолжал работать над трудами своего учителя Е. С. Федорова. В результате после упомянутого выше обзора работ Федорова по геометрической кристаллографии (1921 г.) появилось капитальное исследование «Комментарии к книге Е. С. Федорова „Das Kristallreich“», изданное Академией наук в 1926 г. При обсуждении кристаллохимических идей Федорова у Анатолия Капитоновича зародилась мысль: упростить федоровский кристаллохимический анализ, что и нашло отражение в известной работе, опубликованной в Записках Минералогического общества 1925 г. под названием «Принципы нового метода кристаллографического диагноза вещества». Идеи, изложенные в этой работе, получили дальнейшее развитие в ряде статей (1928, 1936, 1937 гг.) и в конце концов стали одним из краеугольных камней научного творчества Болдырева.

В 1920—1929 гг. А. К. Болдырев опубликовал результаты своих исследований по геометрической кристаллографии и другим направлениям, по которым ему довелось работать, завершенных им еще до 1920—1921 гг. В сферу его научных интересов попадает целый ряд проблем минералогии и геологии рудных месторождений, самородное железо (1923 г.), химическая конституция нагиагита (1924 г.), полиметаллическое оруденение (1925 г.), классификация и номенклатура минералообразующих процессов (1924 г.), кристаллография чевкинита (1925 г.). Начинает выходить в свет капитальный труд Болдырева «Курс описательной минералогии» (вып. 1—1926 г., вып. 2 — 1928 г.), представляющий собой систематическое описание по определенной системе всех известных в то время минералов.<sup>4</sup>

Активно участвовал Болдырев и в обсуждении организационного принципа широко развернувшихся в стране геологоразведочных исследований (1925, 1926 гг.). Вопросы картирования месторождений полезных ископаемых, теории подсчета и классификации запасов полезных ископаемых и другим проблемам геологоразведочной теории и практики посвящены работы А. К. Болдырева 1927—1929 гг. В 1927 г. совместно с И. Ф. Григорьевым

---

<sup>4</sup> О содержании и значении этого выдающегося труда А. К. Болдырева будет сказано в главе IX.

он издал карту главнейших полиметаллических месторождений русского Алтая.

В 1926 г. Анатолий Капитонович был командирован в Испанию на 14-й Международный геологический конгресс, а также специально для научной работы в Германию сроком на три месяца. Геологические экскурсии на месторождения Испании, работа в рентгеновских лабораториях Берлина, где Болдырев изучал постановку рентгенометрических исследований кристаллов, посещение минералогических музеев, встречи с выдающимися зарубежными учеными — все это значительно обогатило творческий диапазон А. К. Болдырева, расширило его научные планы. По возвращении из-за границы начинается самый интенсивный и плодотворный период его разносторонней педагогической и научной деятельности.

В Ленинградском горном институте Анатолий Капитонович продолжает педагогическую деятельность — преподает кристаллографию и минералогию.

Дальнейшее признание больших научных заслуг А. К. Болдырева находит выражение в том, что его избирают членом Совета старейшего в стране Российского (впоследствии Всесоюзного) минералогического общества. В 1934 г., сразу же после введения в СССР научных степеней и званий, Высшая аттестационная комиссия утвердила одним из первых Анатолия Капитоновича Болдырева в ученой степени доктора геологических наук без защиты диссертации. В 1935 г. та же комиссия присвоила ему ученое звание действительного члена Центрального научно-исследовательского геологоразведочного института по специальности «Кристаллография и минералогия».

В 1930 г. выходит в свет второе издание болдыревского курса кристаллографии. Подготавливая третье издание, которое увидело свет в 1934 г., Анатолий Капитонович значительно расширил курс дополнениями по структурной кристаллографии (геометрии пространственных решеток) и ряду других вопросов геометрической, физической и химической кристаллографии. Третье издание курса кристаллографии А. К. Болдырева по состоянию развития науки на начало второй трети нашего века по праву принадлежит к лучшим учебникам этой области знания по строгости и логичности изложения, точности формулировок и широкому охвату вопросов.

Одновременно Анатолий Капитонович продолжал ра-

боту по совершенствованию наглядности преподавания кристаллографии. С этой целью он широко ввел в практику педагогического процесса кристаллографические модели простых форм и комбинаций, а для их массового изготовления создал при кафедре кристаллографии первую и единственную в нашей стране кристалломоделльную мастерскую. К работе по изготовлению кристаллографических моделей он привлек страстного энтузиаста, блестящего мастера своего дела Василия Петровича Будаева. Благодаря энергии и мастерству В. П. Будаева и руководству Болдырева кристалломоделльная мастерская быстро приобрела всесоюзную известность; сохраняется она за ней и поныне.

В 1930—1932 гг. на территории Института был построен большой учебный корпус, где кафедра кристаллографии получила значительную площадь. Здесь Анатолий Капитонович создал одну из первых в СССР рентгенометрических лабораторий, две гониометрических и кристаллизационную лабораторию как для учебных целей, так и для серьезной научно-исследовательской работы. Для преподавания он привлекает на кафедру крупных специалистов — геометра профессора С. А. Богомолова, физика-рентгенолога профессора Н. Я. Селякова и ряд других ученых.

С любовью, чуткостью и большим умением воспитывал Анатолий Капитонович молодых специалистов, среди которых заслуженно выделял наиболее талантливых кристаллографов — В. В. Доливо-Добровольского и В. И. Михеева, впоследствии блестяще оправдавших надежды своего учителя. Учеником А. К. Болдырева был также Г. Б. Бокий — впоследствии член-корреспондент Академии наук СССР, видный советский кристаллохимик. Болдырев воспитал также одного из первых кристаллографов-рентгенометров Г. М. Попова — прекрасного организатора рентгено-структурных лабораторий в Горном институте, Ленинградском и Московском университетах, одного из авторов широко известного современного учебника кристаллографии.

С большим вниманием относился он и к талантливому молодому кристаллографу Ю. П. Преображенскому, рано скончавшемуся. В аспирантуре у Болдырева учился Н. Н. Стулов — впоследствии видный советский кристаллограф и геолог. Учениками Анатолия Капитоновича,

но преимущественно по линии минералогии были М. Н. Годлевский, Д. П. Григорьев, О. Д. Левицкий, В. С. Соболев, Д. С. Коржинский, Е. Т. Шаталов, впоследствии ставшие виднейшими учеными-минералогами послеболдыревского периода развития федоровской научной школы.

Две отличные комнаты в новом здании получили и Федоровский институт. Здесь Болдырев создал зал заседаний, разместил библиотеку и архив Е. С. Федорова, а также мемориальные предметы, лично принадлежавшие Евграфу Степановичу. Достойны особого упоминания внимательность и заботливость, проявленные А. К. Болдыревым к памяти своего великого учителя, и не только к научному наследию гениального ученого — трудам, работам, приборам, библиотеке, архиву, но и ко всему «житейскому» — предметам домашнего обихода, что было связано с именем Федорова.

В Федоровском институте того времени был образцовый порядок. Штатное лицо — библиотекарь Э. Ф. Рунке — исполняла одновременно и обязанности постоянного технического секретаря. Как уже отмечалось, Федоровский институт постепенно превратился в центр ученых федоровской научной школы, место многочисленных научных дискуссий, обсуждений и научной работы по кристаллографии.<sup>5</sup>

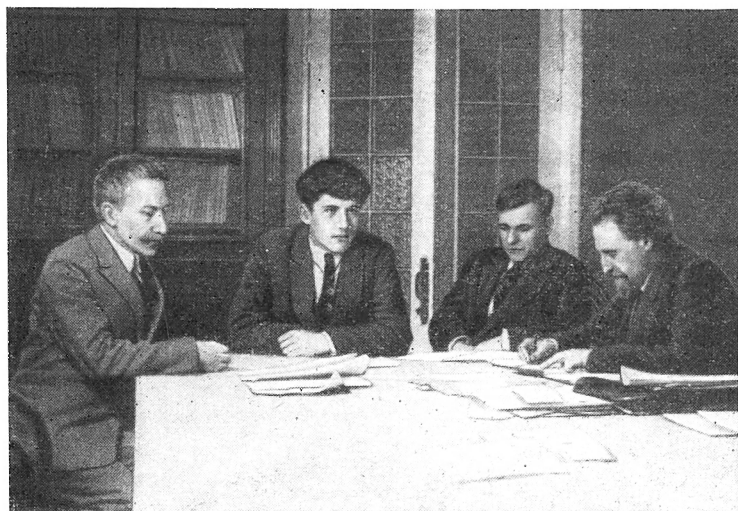
По возвращении Анатолия Капитоновича из заграничной командировки наступает время не только его интенсивной преподавательской деятельности, но и период энергичной реализации основных его научных идей.

Десятилетие 1928—1938 гг. ознаменовалось составлением «Определителя кристаллов средних сингоний» и «Рентгенометрического определителя минералов». Была осуществлена разработанная им ранее идея определения

---

<sup>5</sup> Война 1941—1945 гг., навязанная нашей Родине, блокада Ленинграда, вынужденная эвакуация Горного института — все это нарушило прекрасно продуманную и организованную энергией Болдырева лабораторную структуру кафедры кристаллографии. Сброшенные на Горный институт вражеские бомбы нанесли сильный, отчасти непоправимый материальный урон библиотеке, архиву и имуществу кафедры и Федоровского института. После войны помещения Федоровского института пришлось передать другим кафедрам. Все, что уцелело из имущества Федоровского института, сосредоточено в настоящее время на кафедре кристаллографии.





*Федоровский институт. Работа над «Определителем кристаллов». 1934—1935 гг.*

*Слева направо: профессор А. К. Болдырев, ассистент Г. М. Попов, ассистент И. И. Шафрановский, профессор В. В. Доливо-Добровольский.*

кристаллического вещества по числовым значениям углов между гранями кристаллов. Для работы над «Определителем» Болдырев привлек большой круг специалистов, молодежи и технических сотрудников.

В итоге напряженной работы в 1937 г. вышла в свет первая половина первого тома «Определителя кристаллов», содержащая все известные к 1936—1937 гг. кристаллические вещества тетрагональной сингонии, как искусственных химических соединений (неминералов), так и минералов. В составлении «Определителя кристаллов» принимали участие, кроме самого Анатолия Капитоновича, В. В. Доливо-Добровольский, И. И. Шафрановский, В. И. Михеев, В. С. Соболев, Е. Е. Флинт, В. Ф. Алявдин и ряд других кристаллографов, в том числе и молодые сотрудники.

Через два года была опубликована вторая половина первого тома «Определителя кристаллов», посвященная тригональным и гексагональным кристаллам.

Для многих молодых специалистов участие в работе над «Определителем кристаллов» под руководством Болдырева оказалось прекрасной школой геометрической, вычислительной и графической кристаллографии, школой высокой точности, скрупулезности и внимательности. Своим личным примером воспитывал Анатолий Капитонович строжайшую общую и научную дисциплинированность у своих подчиненных. Для коллектива составителей «Определителя» он был непререкаемым авторитетом; его рассуждения, замечания, советы и указания всегда отличались логической строгостью, глубокой обоснованностью и высокой убедительностью.

Параллельно с интенсивной подготовкой к изданию «Определителя кристаллов» Болдырев в период 1928—1938 гг. разрабатывает и реализует идею рентгенометрического определения вещества, базирующуюся на фиксировании углов во внутренней структуре кристаллических веществ. В основу рентгенометрического диагноза кристаллического вещества Анатолий Капитонович положил рентгенометрический метод порошка (метод Дебая—Шеррера—Хелла). Одним из первых в мировой науке он показал, что данные рентгенометрических снимков, получаемых от облучения рентгеновскими лучами порошка, состоящего из мелких кристаллических зерен, являются характерными константами вещества, на основе которых можно строить определение самого вещества. По его инициативе в ряде лабораторий началось составление эталонных порошкограмм минералов и соответствующих атласов и сводок.

Вместе со своими учениками, В. И. Михеевым, Г. М. Поповым, В. Н. Дубининой и другими, в 1938 г. Анатолий Капитонович выпустил первую часть «Рентгенометрического определителя минералов». Созданный Болдыревым метод впоследствии получил развитие в трудах его выдающегося ученика В. И. Михеева.

В настоящее время рентгенометрический метод порошка — рентгенофазовый анализ — получил признание во всем мире. Замечательный труд В. И. Михеева «Рентгенометрический определитель минералов» — наиболее полное осуществление идеи Болдырева — является гордостью отечественной науки и вместе с тем своего рода памятником в науке как ученику, так и учителю. Благодаря трудам А. К. Болдырева и В. И. Михеева советская



*А. К. Болдырев (второй справа) на полевых работах в Забайкалье.*

кристаллография по линии диагностирования минеральных веществ с помощью рентгеноанализа заняла ведущее место в мировой науке. Американский «Рентгенометрический определитель минералов» вышел в свет лишь в 1942 г., т. е. через четыре года после советского.

В 1936—1938 гг. для упрощения рентгенометрических расчетов по идее и под руководством А. К. Болдырева были составлены также специальные таблицы.

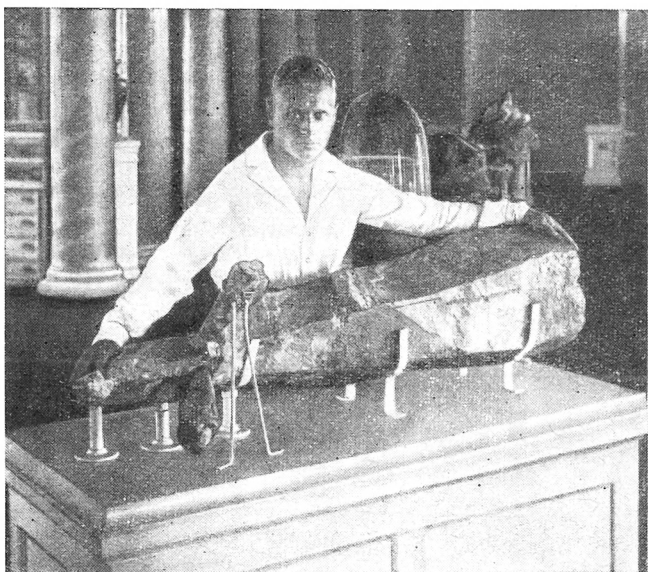
Именно в этот период имя Анатолия Капитоновича Болдырева — крупнейшего кристаллографа и главы федоровской школы кристаллографов — становится широко известным не только в СССР, но и за границей. Его «Курс кристаллографии» в 1934 г. переводится на испанский язык. Во французских, немецких и американских научных журналах печатаются его научные статьи. А. К. Болдырев избирается иностранным членом Французского минералогического общества, переписывается с крупнейшими иностранными учеными — П. Гротом, П. Ниггли,

В. Клебером, В. Новакки и лично знакомится с крупнейшим физиком и кристаллографом У. Л. Брэггом, приезжавшим в Ленинград и посетившим Федоровский институт.

Прекрасно поставленная на кафедре кристаллографии Горного института педагогическая и научно-исследовательская работа получает высокую оценку и одобрение руководства и общественности института. «За образцовую постановку педагогического процесса и ударную работу кафедры» Анатолий Капитонович неоднократно отмечается в приказах по институту. В конкурсе на лучшую организацию научных исследований в Горном институте он выходит победителем и награждается почетной грамотой и денежной премией.

При преподавании кристаллографии Болдырев энергично привлекал к научной работе студентов. Так, только в 1927/28 учебном году под руководством профессоров и преподавателей кафедры кристаллографии 10 студентов выполняло научные и научно-технические работы. Некоторые из них, серьезно заинтересовавшись кристаллографией, впоследствии стали выдающимися учеными и педагогами. Особо хочется отметить В. В. Доливо-Добровольского, еще студентом выполнившего свою первую научную работу по геометрической кристаллографии, не потерявшую своего значения и поныне.

Одновременно с большой научной и педагогической работой в Горном институте А. К. Болдырев продолжал вести интенсивные исследования и в Геологическом комитете — ЦНИГРИ — в качестве старшего геолога и действительного члена института. В летнее время он систематически проводит полевые работы на месторождениях Урала, Алтая и Восточного Забайкалья. Исключительно широка тематика его геолого-минералогических исследований. Им изучались руды железа, меди, марганца, полиметаллов, вольфрама, олова, бериллия; изумруды, аквамарины, слюды, топазы, горный хрусталь, розовый кварц и др. Материалы многих из этих исследований он тщательно обрабатывал, подготавливал к печати и публиковал. К важнейшим работам этого направления относятся: описание Калатинских медных рудников (1925 г.), геология Тагильского округа на Урале (1927 г.), результаты разведки вольфрамовых, оловянных, висмутовых и бериллиевых руд в Забайкалье (1928, 1929 гг.), исследование



*Кристалл берилла, хранящийся в минералогической коллекции Горного музея; за кристаллом — В. И. Михеев.*

редкоземельных апатитов Урала (1930 г.), описание берилла в Западной Сибири (1932 г.) и многие другие.

Большое внимание уделял Болдырев также и пополнению музеев наиболее интересными находками руд и минералов. Музеи Горного института и ВСЕГЕИ (б. Геолкома — ЦНИГРИ) обогатились рядом замечательных образцов, собранных им во время полевых работ. Уникальным экспонатом является доставленный с Алтая и подаренный музею Горного института гигантский кристалл голубого берилла-аквамарины, выставленный в одном из залов музея. Большой интерес этот кристалл представляет в силу своей величины (его длина более 1 м), прозрачности на отдельных участках и обилия мелких трещин, залеченных более поздними продуктами минералообразования. Во время Великой Отечественной войны кристалл был «травмирован» осколком одной из бомб, но в целом сохранил свою уникальность.

В период 1934—1938 гг. параллельно с Горным институтом Анатолий Капитонович руководил темой по состав-

лению Определителя кристаллов и в ЦНИГРИ, в которой наряду с другими сотрудниками принимали участие и авторы настоящей книги. Много времени уделял он также рентгеновской лаборатории ЦНИГРИ, где под его руководством и непосредственном участии был выполнен ряд важных рентгеноструктурных исследований по флогопитам, графиту, рентгеноспектральному анализу редкоземельных элементов и определению кристаллического вещества методом Дебая—Шеррера—Хелла. Выдающимся учеником Болдырева по рентгенометрии в ЦНИГРИ был в то время В. Н. Протопопов, впоследствии ставший крупным специалистом по рентгеноспектральному анализу. Становление рентгеновской лаборатории ЦНИГРИ и превращение ее в одну из ведущих рентгеноструктурных лабораторий Ленинграда, создание и воспитание кадров рентгенологов — одна из крупных заслуг А. К. Болдырева.

За успешное выполнение важных тематических исследований от имени руководства и общественных организаций ЦНИГРИ А. К. Болдырев в 1935 г. был награжден похвальной грамотой.

Большую роль в научном творчестве Анатолия Капионовича играли и проблемы теоретической минералогии и кристаллографии. Одно лишь перечисление печатных трудов Болдырева по этой тематике свидетельствует о широте его интересов. Им обсуждались вопросы строения кристаллического вещества (1929, 1931 гг.), проводились исследования концентрационных потоков и причин расслоения растворов (1930 г.), рассматривались причины сублимации платины в электрических печах при термических исследованиях (1930 г.). Монографии о пертитах (1934 г.), о рентгенографических исследованиях искусственных флогопитов (1935 г.), шунгита, антрацита и каменного угля (1937 г.), являющиеся образцовыми по своей строгости и систематичности, и по сей день не потеряли своего научного значения.

Особое внимание уделял А. К. Болдырев также проблемам полиморфизма (1936 г.), атомным и ионным радиусам в кристаллах (1936 г.), основным понятиям геохимии (1936 г.). Он вновь обсуждал вопрос о числе простых форм на кристаллах (1936 г.) и подверг детальному рассмотрению химическую конституцию слюд и их кристаллическую структуру (1937 г.). Дальнейшее

развитие идей о согласовании структурных данных с химическим составом минералов группы слюд получило отражение в обобщающей работе «Химическая валентность и расширенное понятие об изоморфизме» (1938 г.).

Будучи прекрасным методистом, Анатолий Капитонович написал ряд инструкций о работе с оптическими и кристаллографическими приборами, провел капитальное исследование рефрактометра Аббе (1933 г.), позволившее создать фактически новую методику рефрактометрических измерений.

Постоянно находилась в поле зрения А. К. Болдырева и проблема совершенствования преподавания минералогии в высшей школе. Отсутствие современных учебников, которые могли бы обеспечить успешное изучение минералогии, побудило Анатолия Капитоновича наряду с продолжением работы над «Курсом описательной минералогии» (ч. 3 вышла в свет в 1935 г.) взять на себя инициативу по составлению учебника минералогии. Первое издание его под названием «Рабочая книга по минералогии» появилось в 1932 г. В дальнейшем учебник подвергся капитальной переработке и был издан в 1936 г. под названием «Курс минералогии». Книга эта, составленная большим коллективом авторов, преподавателей минералогии Горного института (А. Г. Бетехтин, А. К. Болдырев, М. Н. Годлевский, Д. П. Григорьев, А. И. Киселев, О. Д. Левицкий, Н. К. Разумовский, А. А. Смирнов, С. С. Смирнов, В. С. Соболев, С. П. Соловьев, Н. М. Успенский, В. В. Черных, Е. Т. Шаталов, И. И. Шафрановский), под общим руководством А. К. Болдырева,<sup>6</sup> сыграла выдающуюся роль в распространении минералогических знаний. Несмотря на некоторую устарелость, этот замечательный учебник и по сей день не теряет своей методологической ценности. Помимо общей редакции и руководства, Болдыревым был написан раздел «Введение к силикатам», где в доступной, но весьма строгой форме были изложены основы минералогии и структуры силикатов по данным на 30-е—40-е годы нашего столетия.

Анатолий Капитонович был неизменным и активным

---

<sup>6</sup> Редактировали «Курс минералогии», кроме Болдырева, также С. С. Смирнов и В. В. Черных.

участником проводившихся в СССР научных конференций и съездов: 1-го съезда минералогов в 1927 г., геологической конференции по цветным металлам в 1930 г., юбилейного Менделеевского съезда в 1936 г., 17-го Международного геологического конгресса, проходившего в Москве и Ленинграде в 1937 г. На всех этих научных ассамблеях мы видим Болдырева в числе ведущих докладчиков. Основными темами его докладов были либо различные дискуссионные вопросы, в которых неизменно выдвигались проблемы упорядочения науки, либо крупные обобщения теоретического и прикладного характера.

В порядке подготовки к Международному геологическому конгрессу 1937 г. под руководством Анатолия Капитоновича были капитально переоборудованы отделы общей кристаллографии и кристаллографической минералогии Горного музея, размещенного во втором этаже воронихинского здания Горного института. Болдырев считал необходимым отразить в музейной экспозиции результаты рентгенометрического изучения структур минералов. С этой целью были созданы многочисленные наглядные экспонаты, отражающие конституцию минералов. На переднем плане в кристаллографическом зале показано строение основных составных частей минералов — атомов химических элементов. В виде большой таблицы Менделеева шарами различных цветов и размеров представлены атомные и ионные радиусы химических элементов. Специально для участников конгресса в кристалломоделльной мастерской кафедры кристаллографии были изготовлены модели 230 федоровских пространственных групп и эффективно размещены по периметру зала, на шкафах представлены смонтированные из матового стекла крупные модели параллелоэдров и некоторых кристаллографических комбинаций. Было экспонировано также большое количество структур различных минералов, и в том числе модели только что появившихся структурных понятий — островные группы, цепочки и каркасы кремнекислородных тетраэдров, иллюстрирующие связи между внешней формой и внутренним строением кристаллов.

На многочисленных посетителей — участников конгресса — зал кристаллографии и кристаллохимии музея производил огромное впечатление своей оригинальностью и новизной экспозиции. В значительной мере это было



заслугой А. К. Болдырева и работавших под его руководством — сотрудников музея и кафедры кристаллографии. В этой работе активное участие принимал также Н. В. Белов, в настоящее время являющийся общепризнанным главой отечественных кристаллографов, академиком, ученым с мировым именем.

Много труда вложил Болдырев и в вопрос о коренном пересмотре экспозиции Горного музея по генетической минералогии. По замыслу Анатолия Капитоновича, экспозиция должна была отражать связь минералообразования с различными геологическими процессами. В основу ее положена схема основных процессов минералообразования, разработанная А. К. Болдыревым в 1934 г.

В наши дни на протяжении последних десятилетий кристаллографическая и минералогическая экспозиции Горного музея неоднократно обновлялись и совершенствовались. Ведущая роль в этой работе принадлежит ученику А. К. Болдырева, ныне профессору, заведующему кафедрой минералогии Горного института Д. П. Григорьеву и профессору, заведующему кафедрой кристаллографии того же института И. И. Шафрановскому.

Живо откликался Анатолий Капитонович и на памятные даты. В различных статьях он освещал жизнь, деятельность и значение научного творчества Е. С. Федорова (1921, 1937 гг.), роль в минералогии и учении о полезных ископаемых А. П. Карпинского (1937 г.). Весьма высоко оценивая научное творчество В. И. Вернадского, он участвует в сборнике трудов в честь знаменитого геохимика и минералога (1936 г.), где в специальной статье стремится уточнить и упорядочить основные геохимические понятия — «концентрация», «аккумуляция» и «рассеяние».

Благодаря огромному опыту педагогической, научной и организационной работы А. К. Болдырев постоянно привлекался и к созданию учебно-методических разработок. Так, в конце 1929 г. он был назначен председателем методической комиссии по геологоразведочному факультету. Ему пришлось глубоко вникнуть в содержание учебных программ как по теоретическим курсам, так и по учебной практике для того, чтобы наиболее эффективно могли решаться проблемы подготовки специалистов для народного хозяйства, причем в кратчайшие сроки

и при возможно более высоком и глубоком уровне знаний.

В 30-е годы специальной комиссии под руководством А. К. Болдырева пришлось участвовать в обсуждении предполагавшейся сложной реорганизации Горного института с выделением из него Геологоразведочного института и объединением последнего с геологическими факультетами Ленинградского университета и Политехнического института. Как и всюду, при решении различных методических вопросов Анатолий Капитонович проявил свойственную ему принципиальность, логичность и твердость.

### Последние годы жизни и научного творчества (1939—1946 гг.)

Последние семь лет своей жизни А. К. Болдырев жил и трудился на Северо-Востоке СССР. С 1940 г. до последних дней жизни он работал в Геологоразведочном управлении Дальстроя в Магадане.

В первый период деятельности Болдырев все свои знания и опыт вкладывает в организацию петрографо-минералогической лаборатории Геологоразведочного управления Дальстроя. Им была установлена и приведена в рабочее состояние оптическая аппаратура, сделаны многочисленные переводы различных инструкций по работе и обращению с кристаллооптическими приборами (микроскопами, панфотом,<sup>1</sup> рефрактометрами и другими), написаны соответствующие методические указания. При установке и освоении аппаратуры Болдырев никогда не довольствовался шаблонными приемами и методами. В любое дело он вносил новое, рациональное. Используя теорию оптических приборов, Анатолий Капитонович разработал последовательные, строго научные и максимально простые приемы проверок двукружного гониометра системы Гольдшмидта. Впоследствии, уже постермтно, этот труд был напечатан в Записках Всесоюзного минералогического общества под названием «Проверки гониометра Гольдшмидта».<sup>2</sup>

Во время войны, когда на Северо-Востоке страны особенно остро ощущался недостаток лабораторного оборудования, А. К. Болдырев сконструировал крайне необходи-

---

<sup>1</sup> Комплексный универсальный микроскоп фирмы «Лейтц».

<sup>2</sup> 1949, ч. 78, вып. 1, с. 8—18.

мый для обработки шлиховых проб минералогический электромагнит, участвовал в создании наборов иммерсионных жидкостей, используя различные продукты перегонки керосина, выполнял ряд важных научно-производственных исследований.

С весны 1941 г. Болдырев — сотрудник созданного при его активном участии научно-исследовательского отдела Геологоразведочного управления. Ежедневно, без выходных дней, с раннего утра до позднего вечера он работает в лаборатории. Невозможно перечислить все те крупные и мелкие исследования, которые он выполнил в течение 1941—1943 гг. Здесь и точнейшие гониометрические исследования колымских минералов, и скрупулезное микроскопическое изучение руд касситерито-сульфидных месторождений Хета и Лазо (частично опубликованное в бюллетене журнала «Колыма» в 1942—1944 гг.), антимонита Усть-Тасканского месторождения (1940 г.), и минералогические исследования шлихов и штUFFов, и петрографические описания жильных и интрузивных пород и многие другие. Ученый продолжает многочисленные переводы научных статей с иностранных языков, занимается конструированием минералогической аппаратуры. Он безотказно консультирует по минералогии, кристаллографии, петрографии, рудным месторождениям, подсчету запасов и другим геологическим вопросам. Всех работавших совместно с ним поражала исключительная широта и глубина его познаний в самых различных областях науки. К нему приезжали консультироваться из самых отдаленных уголков Северо-Востока. Авторитет его был общепризнанным. Обращавшиеся к А. К. Болдыреву за консультацией неизменно получали исчерпывающие, ясные, глубоко обоснованные ответы и не только по геологоразведочному делу, но и по математике, физике, химии — наукам, в которых Анатолий Капитонович был весьма сведущ.

К советам и консультациям А. К. Болдырева прибегали не только рядовые геологи, но и виднейшие ученые страны. Крупнейший специалист по оловорудным месторождениям академик С. С. Смирнов и виднейший петрограф академик А. Н. Заварицкий во время своих приездов в Магадан встречались и обсуждали с Анатолием Капитоновичем различные вопросы геологических наук и геологоразведочного дела.



*А. К. Болдырев во время поездки по бассейну р. Колымы  
(долина р. Теньки. 1944 г.).*

Под научным руководством и при непосредственном участии А. К. Болдырева в 1942 г. было положено начало сводным работам по обобщению материалов многолетнего геологического изучения Северо-Востока. Одной из первых работ в этом направлении был «Каталог минералов Северо-Востока СССР» — исчерпывающий библиографический указатель минералов, зафиксированных на Северо-Востоке нашей страны (на 1943 г.). Позднее Анатолий Капитонович совместно с Е. А. Соколовой составил вторую часть обобщающей сводки по минералам и горным породам — «Списки и систематизация горных пород Северо-Востока СССР» (1945, 512 с.). Эта работа послужила отправным пунктом для многих последующих обобщений. Дальнейшее воплощение идей Болдырева о развитии геологических исследований на Северо-Востоке СССР нашло отражение в создании комплекса сводных карт, многотомных монографий по геологии, петрографии и оруденению Северо-Востока СССР.

К 1943—1944 гг. относится работа А. К. Болдырева над монографией по высшей минералогии. Первая часть

ее, изданная в 1944 г. в Магадане, состоит из двух очерков: в первом изложено представление о высшей минералогии, во втором рассмотрена история минералогии на ранних ступенях человеческой культуры.

В первом очерке логично и последовательно показана необходимость разделения минералогии на элементарную и высшую, дано определение высшей минералогии как науки и охарактеризовано ее содержание. По мысли автора, высшая минералогия, занимающаяся в общем теми же вопросами, что и элементарная — морфологией, физикой, химией, геологией и экономикой минералов, — в отличие от нее требует для своей разработки глубоких знаний геологических дисциплин, физики, химии, математики и других «родственных», по выражению Анатолия Капитоновича, наук. Высшая минералогия, как указывал А. К. Болдырев, должна заниматься новейшими достижениями в области минералогии, и в особенности достижениями, имеющими дискуссионный характер.

Колоссальная эрудиция, изумительная память позволили Болдыреву во втором очерке, несмотря на весьма ограниченные возможности в смысле библиотечной базы, полнее, чем в других известных сочинениях по истории минералогии, осветить историю этой науки в доисторический период и в древние времена. В своем очерке автор приводит сведения о 80 минералах и 27 горных породах, известных еще в глубокой древности.

К сожалению, «Высшая минералогия» осталась неоконченной. Многие постоянно выдвигавшиеся жизнью более актуальные научно-производственные работы все время отвлекали Анатолия Капитоновича, а трагическая смерть прервала осуществление широко задуманного плана.

Последние два с половиной года научно-производственная деятельность А. К. Болдырева в основном проходила: 1) по линии участия в главнейшей проблеме — изучения недр Северо-Востока СССР, и в первую очередь золотого коренного и россыпного оруденения; 2) по направлению разработки теории и методики подсчета запасов металла в россыпных месторождениях; 3) по линии консультационно-педагогической деятельности.

В 1944 г. на Колыме проходила конференция геологоразведчиков. В ней приняли участие и многие крупные ученые нашей страны. Активно и живо откликаясь



*А. К. Болдырев в последние годы жизни. 1945—1946 гг.*

на запросы производственной жизни геологоразведочной службы, А. К. Болдырев подготовил к этой конференции крупную работу, посвященную обзору мировых месторождений золота и закономерностям распределения его мировых запасов. Эта работа уже посмертно в 1946 г. была напечатана в «Материалах по геологии и полезным ископаемым Северо-Востока СССР» (вып. 2). В ней на геолого-тектонической основе рассмотрены главные золотоносные поля мира, собраны статистические данные по мировой экономике золота; дана классификация месторождений золота по их запасам.

Базируясь на международном опыте, Болдырев высказал мысль о необходимости широкого применения дражного метода добычи золота. Правильность этого предложения подтвердилась последующей практикой; оно способствовало заметному увеличению добычи золота на Колыме и одновременно решению важной проблемы о более полном извлечении золота из земных недр. Интересна предложенная А. К. Болдыревым классификация месторождений золота на шесть классов по размерам добычи.

Параллельно с работами обобщающего характера А. К. Болдырев принимал участие и в изучении геологии и минералогии рудных и россыпных месторождений золота Северо-Востока. Составленный им атлас самородков с детальным морфологическим и физико-минералогическим описанием золота является уникальным.<sup>3</sup>

В годы Великой Отечественной войны с особой остротой перед геологоразведочной службой была выдвинута проблема точного подсчета запасов золота и олова в месторождениях. Анатолий Капитонович активно включается и в это сложное дело. На протяжении двух лет (1942 — 1943 гг.) он разрабатывает новую методику подсчета запасов золота и олова в россыпных месторождениях с учетом аномально высоких содержаний металла в разведочных пробах. Исключительная эрудиция Болдырева в учении о месторождениях полезных ископаемых и теории подсчета запасов в сочетании с выдающимися знаниями математической статистики и теории вероятностей позволили ему выработать методику, сразу же получившую практическое применение в повседневной работе геологоразведчиков под названием метода Болдырева.

По-прежнему много времени отнимают у Анатолия Капитоновича многочисленные консультации по самым разнообразным вопросам геологических наук. Он с увлечением участвует в качестве лектора на различных курсах повышения квалификации геологов и с большим мастерством передает свои знания молодым специалистам. Исключительное впечатление произвел на слушателей курс лекций, прочитанный Болдыревым по федоровскому методу. Для многих специалистов, оканчивающих геологические вузы, федоровский метод остается трудновоспринимаемым. Изложение его нередко проводится механистично: слушателям преподносится лишь ряд приемов работы на федоровском столике. Глубокий знаток метода, А. К. Болдырев в своих лекциях теорию и практику федоровского метода излагал с исключительной простотой и логической последовательностью, добиваясь от слушателей полного понимания его сущности — оптической индикатрисы — и принципа теодолитного метода исследования последней. Результатом было единодушное мнение всех слушавших лекции Болдырева, что лишь благодаря ему

<sup>3</sup> Хранится в фондах Северо-Восточного территориального геологического управления.





*Вручение А. К. Болдыреву ордена «Знак почета». 1945 г.*

Вручает орден начальник Дальстроя, Герой Социалистического Труда, генерал-лейтенант И. Ф. Никишов.

они стали полностью понимать Федоровский метод и сознательно работать на универсальном столике.

Столь же поучительны и интересны были его лекции по минералогическим методам, высшей минералогии и другим вопросам.

Помимо работ, имеющих большое народнохозяйственное значение, Анатолий Капитонович живо откликался и на текущие «мелкие» проблемы. Им была раскрыта природа своеобразных налетов на наледях Колымо-Индигирского края, обращено внимание на возможность изготовления и применения в местных условиях стеклянной шерсти как термо-звукоизоляционного и кислотоупорного материала. Заинтересовался он и ожившим тритоном, обнаруженным в состоянии анабиоза в толще льда. Большой интерес представляет статья дискуссионного характера о всеобщей пятиступенчатой шкале для приближенной оценки вещей, свойств, явлений, научных работ и ученых по их значимости (1946 г.).

Принимая активное участие в разработке важнейших проблем геологоразведочной службы Северо-Востока, А. К. Болдырев живо интересовался и всеми последними достижениями отечественной и мировой кристаллографии и минералогии. Подчиненное значение кристаллографических исследований в жизни горнопромышленного района постоянно отвлекало Анатолия Капитоновича от любимой науки. Однако мысли его неизменно возвращались к кристаллографическим проблемам, заняться вплотную которыми он предполагал в Ленинграде. К сожалению, этой мечте не суждено было осуществиться. Пока же он свою творческую мысль вкладывает в научную рационализацию гониометрического метода исследования минералов — единственного вида собственно кристаллографических исследований, получивших широкое распространение на Северо-Востоке. По его идее и при непосредственном участии были составлены кристаллографические таблицы для нахождения по десятичным дробям отношений двух целых чисел (они были напечатаны в 1955 г.).

Параллельно с научной и научно-производственной деятельностью А. К. Болдырев принимал активное участие и в общественной жизни. Он неоднократно выступает по Магаданскому радио, а в системе Всесоюзного общества по распространению политических и научных знаний активно включается в лекционную работу. В связи с широко отмечавшимся советской общественностью трехсотлетием освоения русскими Северо-Востока Азии Анатолий Капитонович выдвигает тему «Основные вехи продвижения русских в Северную Азию», которую с характерной для него тщательностью разрабатывает в 1945—1946 гг. Он пересматривает огромное количество литературы и в результате пишет весьма интересную работу, к сожалению, пока оставшуюся неопубликованной.<sup>4</sup> В этой работе в строго историческом аспекте он показывает необычную предприимчивость, огромную энергию и мужество русских людей в XVI—XVIII вв. в борьбе с суровой природой Севера. Вместе с тем, оставаясь объективным, Болдырев отмечает и отрицательные моменты этого продвижения на Север. Он пишет: «Мы не можем закрывать глаза на то, что дело большого государственного значения сопровожда-

---

<sup>4</sup> Магадан, 1946, 27 с. — Архив Федоровск. ин-та, каф. кристаллогр. ЛГИ.



*Могила А. К. Болдырева на магаданском городском кладбище.*

лось насилеиом, жестокостями, невыносимыми притеснениями коренных жителей».<sup>5</sup> И далее: «Лишь с приходом Советской власти все народности Севера, как и все другие народы нашего Союза, сделались действительно равноправными с русским народом».<sup>6</sup>

Лекции, которые читал Анатолий Капитонович на тему освоения русскими Севера Азии, неизменно привлекали внимание широкой аудитории. Много докладов сделал Болдырев на эту тему. И вот во время одной из лекционных поездок 25 марта 1946 г. Анатолий Капитонович трагически погиб. Он выехал из Магадана на автомобиле в районный поселок Ола, находящийся в 30 км от Магадана, для чтения рыбакам популярной лекции об освоении русскими Северо-Восточной Азии. При движении по льду замерзшей бухты автомобиль попал на участок неустой-

<sup>5</sup> Там же, с. 24.

<sup>6</sup> Там же, с. 25.

чивого льда и провалился под воду. Можно себе представить, с каким напряжением внутренних сил и воли к жизни А. К. Болдыреву удалось выбраться из провалившейся под лед машины, выкарабкаться с глубины 2 м на поверхность, пробежать несколько сотен метров по торосам, подняться на береговую террасу. По-видимому, от полного истощения сил, уже в виду поселка, он присел на пенек и... замерз (температура воздуха в тот день была 25—30° ниже нуля).

Только через сутки тело Анатолия Капитоновича было найдено и доставлено в Магадан. На похороны А. К. Болдырева собрались многочисленные геологи Дальстроя, многие из которых были его учениками по Горному институту. Было произнесено много замечательных речей, освещающих жизнь и научную деятельность выдающегося ученого. К сожалению, Анатолий Капитонович не дожил до известия, привезенного из Москвы начальником Геологоразведочного управления Дальстроя, его учеником по Горному институту В. А. Цареградским о том, что имя А. К. Болдырева официально названо в числе кандидатов в действительные члены Академии наук СССР.

На могиле А. К. Болдырева на магаданском городском кладбище по проекту скульптора Блажкова воздвигнут монумент-глыба гранодиорита, окруженная оградой из шести прямоугольных бетонных столбов, напоминающих тетрагональную призму и завершающихся четырехгранными окончаниями в форме головок кристаллов касситерита или рутила. Между столбами — моделями кристаллов — протягиваются цепи. На глыбе в углублении вмонтирован бронзовый барельеф работы того же скульптора и выбита лаконичная надпись: «Профессор Анатолий Капитонович Болдырев, 1883—1946». В нижней части монумента перечислены основные направления научной деятельности ученого.

Высокая оценка научной и научно-производственной деятельности А. К. Болдырева на Северо-Востоке СССР выразилась в неоднократных благодарностях, денежных премиях и в награждении его в 1945 г. орденом «Знак почета». Труды и научная деятельность А. К. Болдырева многократно освещались в отечественной и зарубежной печати.

### Анатолий Капитонович Болдырев в жизни (по воспоминаниям)

Расцвет научного творчества А. К. Болдырева приходится на тот замечательный отрезок времени, охватываемый 20-ми — 40-ми годами нашего столетия, когда на отечественном кристаллографо-минералогическом небосклоне сияла блестящая плеяда русских ученых — В. И. Вернадский, А. Е. Ферсман, Ф. Ю. Левинсон-Лессинг, С. С. Смирнов, А. Н. Заварицкий, А. В. Шубников и ряд других. Это было время, когда русская, советская кристаллография и сопредельные с ней геолого-минералогические науки получили мощный импульс для своего дальнейшего развития благодаря Великой Октябрьской социалистической революции, открывшей неведомый до тех пор простор для научного творчества. Это был период, когда в области кристаллографических и геолого-минералогических наук гармонично развивалось несколько научных школ, различающихся методами научного мышления и подходом к решению главнейших научных проблем. И в первую очередь это определялось глубоким своеобразием и неповторимой оригинальностью творческого облика их руководителей.

Одну из крупнейших научных школ возглавляли мыслитель, философ науки и теоретик минералогии академик В. И. Вернадский и его ближайший сотрудник, пылкий страстный романтик минералогии академик А. Е. Ферсман.

Всесторонним изучением горных пород в свете широких петрографических проблем занимались многочисленные ученые под руководством своего идейного руководителя, крупнейшего петрографа академика Ф. Ю. Левинсон-Лессинга.

В области кристаллографических наук наряду со школой великого Федорова плодотворно развивалась научная школа выдающегося кристаллографа профессора Г. В. Вульфа; в качестве виднейшего представителя физического направления этой научной школы выделялся тогда А. В. Шубников — крупнейший кристаллограф, впоследствии ставший академиком, создатель Института кристаллографии Академии наук СССР.

К этому времени относится и зарождение в нашей стране кристаллохимической школы, общепризнанным главой которой с 50-х годов становится академик Н. В. Белов, своими блестящими работами выдвинувший отечественную кристаллохимию на широкую мировую арену.

В стадии интенсивного творческого подъема в 20-е — 40-е годы находилась также созданная Е. С. Федоровым научная школа, объединявшая к тому времени уже многочисленных ученых. Ее ведущие представители — А. К. Болдырев, А. Н. Заварицкий, С. С. Смирнов, В. Н. Лодочников и другие последователи Федорова старшего поколения — создали в тот период выдающиеся научные труды, многие из которых приобрели программное для отечественной и мировой науки значение, сохраняющееся и поныне.

Ближайшие ученики и последователи Е. С. Федорова, тонкие наблюдатели природы, крупнейшие теоретики минералогии и учения об образовании месторождений полезных ископаемых, умело сочетавшие в своих научных работах теорию с задачами практической геологии академики С. С. Смирнов, А. Н. Заварицкий, Д. С. Коржинский и А. Г. Бетехтин создали ряд трудов, составивших эпоху в послефедоровский период развития отечественной геологии. Тончайший кристаллооптик, замечательный знаток магматических горных пород профессор В. Н. Лодочников в петрографии и профессор О. М. Аншелес в методике преподавания кристаллографии явились талантливыми пропагандистами федоровских идей и методов исследования кристаллического вещества.

Одно из первых мест среди плеяды блестящих ученых федоровской научной школы занимает Анатолий Капитонович Болдырев. Благодаря своей необычайно высокой организованности и природному дару строгого логического мышления он становится выдающимся продолжателем федоровского направления в кристаллографии и минерало-

гии и до последних дней жизни сохраняет ведущее положение в этих науках.

Необходимость еще с юных лет самостоятельно зарабатывать себе на жизнь и учение, хорошее знание условий существования так называемого низшего и среднего сословия современного ему поколения молодежи дореволюционной России, многочисленные невзгоды, встречающиеся на его жизненном пути,— все это закалило А. К. Болдырева и выработало в нем жизненную твердость, стойкость и хладнокровие. Жизнь научила его ко всем житейским неполадкам относиться спокойно, без нервозности, обдуманно и методично, с неизменной выдержкой преодолевать препятствия на жизненном и творческом пути.

Природная жажда знаний, выдающиеся способности, а также своеобразный уклад жизни, сложившийся еще в периоды юности и на подходе к зрелости, все это в конце концов и придало ему те общечеловеческие черты, которые позволили его современникам и ученикам характеризовать А. К. Болдырева как выдающегося человека и ученого.

Все знавшие Анатолия Капитоновича поражались широтой и глубиной его научных знаний, его разносторонней образованностью. Он был общепризнанным главой отечественных кристаллографов послефедоровского периода развития науки второй четверти нашего столетия, кристаллографом с мировым именем, крупнейшим минералогом, глубоким знатоком геологии месторождений полезных ископаемых. С удивительной легкостью разбирался он в сложных вопросах высшей математики и химии, что давало ему возможность широко применять во всех своих разносторонних исследованиях точные методы математического мышления, а также данные других точных наук.

А. К. Болдырев отлично владел несколькими иностранными языками (немецким, французским и английским), легко читал литературу на испанском, итальянском, голландском и шведском языках. Он был способен оказывать действенные консультации не только по научным вопросам его официальной компетенции, но и по таким далеким от его специальности дисциплинам, как палеонтология, лингвистика, филология и некоторым другим отраслям человеческих знаний.

Анатолий Капитонович был всегда исключительно точен и пунктуален в формулировках своих и чужих научных мыслей, строжайше логичен в рассуждениях и выводах. При работе над любой новой проблемой Болдырев обладал замечательной способностью быстро проникать в ее суть и, пользуясь математическими методами мышления, сразу же вносить математическую строгость и логическую последовательность в ее дальнейшую разработку. При изложении любого вопроса, будь то крупная проблема или вопрос «малой формы», он неизменно следовал жесткому логическому плану: определение понятия — рассуждение и обсуждение — выводы — следствие. Во всех своих печатных работах и устных сообщениях (лекциях для студентов или научных докладах) он всегда придерживался этой схемы.

Еще на заре научной деятельности А. К. Болдырева Е. С. Федоров в печатном отзыве, относящемся к 1907 г., так характеризовал своего ученика: «Я, как умел, подчеркнул чрезвычайную строгость математической логики, проявленную не только в этом,<sup>1</sup> но и в других известных мне трудах моего даровитого ученика».<sup>2</sup> Столь лестную оценку такого строгого учителя, каким был Федоров, можно было получить лишь человеку, действительно ее заслуживающему. А ведь надо помнить, что Болдырев тогда был еще только студентом.

Всегда вникая не только в сущность рассматриваемой проблемы, но и в различные мелкие ее детали, Анатолий Капитонович никогда не чуждался так называемой низовой, технической работы. В период организации рентгеновской лаборатории в Ленинградском горном институте он лично участвовал в монтаже рентгеновских установок, в проведении мероприятий по обеспечению безопасности работы с рентгеновскими лучами, конструировании рентгеновских трубок и в других работах технического порядка. В колымский период своей деятельности при конструировании минералогического электромагнита он работал даже в качестве электрика. Анатолий Капитонович

---

<sup>1</sup> Речь идет о работе «Основы геометрического учения о симметрии», написанной А. К. Болдыревым еще в студенческие годы, — *И. Ш., В. А.*

<sup>2</sup> Федоров Е. С. Извлечение из отзыва о труде А. К. Болдырева «Основы геометрического учения о симметрии». — *Зап. СПб. минерал. об-ва*, 1907, ч. 45, с. 417.



не оставлял для себя ничего неясного и этого же требовал от своих учеников.

И всюду, где бы ни трудился А. К. Болдырев, он проводил линию строжайшей объективности, четкого отделения фактов от их интерпретации. Факты, по твердому убеждению А. К. Болдырева, являются единственной основой подлинной науки.

В своей известной «Кристаллографии» он писал: «Первая (группа задач, — *И.Ш., В.А.*) состоит в собирании отдельных фактов: в описании отдельных кристаллов, в фактическом описании отдельных свойств кристаллического вещества. Сюда относятся, например, зарисовывание форм кристаллов, измерение углов между их гранями, описание оптических свойств и т. д. Задача эта проста, ее выполнение вполне доступно рядовым и даже начинающим научным работникам. А между тем добытый здесь добросовестным и умелым наблюдением или опытом материал только и может служить прочным фундаментом всякой истинной науки».<sup>3</sup> А. К. Болдырев учил, что факты должны описываться с предельной достоверностью, снабжаться документами (объективными описаниями наблюдаемых явлений или предметов, цифровыми данными непосредственных результатов измерений, фотографиями, зарисовками и т. д.) с тем, чтобы предоставить возможность любому исследователю по этим фактам делать те или иные собственные заключения или выводы. При интерпретации же фактов всегда должна быть отражена степень достоверности того или иного объяснения и на основе логического и объективного мышления проведено сопоставление всех возможных вариантов интерпретации.

Требую от любой научной работы жесткой объективностью в описании фактов и всех возможных вариантов их интерпретации, сам Анатолий Капитонович во всех своих трудах неизменно следовал этому правилу.

Кристаллография и минералогия, имеющие дело с огромным количеством однотипных, но различных по множеству признаков объектов — кристаллов, минералов, процессов и явлений, — представляют, по мысли А. К. Болдырева, широкое поле деятельности для логического мышления в направлении их классификации и системати-

---

<sup>3</sup> Болдырев А. К. Кристаллография. Изд. 3-е. М., ОНТИ, 1934, с. 11.

зации. Эти идеи ученого красной нитью проходят через все его научное творчество. Особенно четко это отразилось в созданных им и под его руководством курсах и учебниках, а также в монументальных трудах — Определителях. В них читатель, будь то студент или специалист, найдет предельно четкую терминологию, номенклатуру, классификацию и систематику предметов и явлений, формулировки законов, выводов и других положений науки.

Выше уже отмечалась та высокая оценка, которую дал Евграф Степанович Федоров своему ученику — Анатолию Капитоновичу Болдыреву. Весьма высоко ценили научное творчество Болдырева также выдающиеся ученые старшего поколения — В. В. Никитин, Ю. В. Вульф, А. П. Карпинский, В. И. Вернадский и его современники — академики А. Е. Ферсман, С. С. Смирнов, А. Н. Заварицкий и другие.

Труды А. К. Болдырева для всех могут служить образцом научного творчества. Строго отбирая для печати лишь только те свои научные работы, которые безусловно заслуживают широкой информации и обсуждения, он публикует их после основательной проверки всех результатов, исчерпывающей проработки литературных данных и собственных материалов и только после получения полной ясности как в отношении существа вопроса, так и терминологии, а также точности и обоснованности выводов. Именно поэтому труды А. К. Болдырева отличаются предельной ясностью изложения и обоснованностью выводов.

Тех же принципов придерживался А. К. Болдырев и в отношении научных работ своих учеников. Весьма показателен в этом отношении случай с известной ныне всем минералогам и кристаллографам работой Г. Б. Бокия — видного советского кристаллографа, члена-корреспондента Академии наук СССР — «Определение твердости минералов шкалы Мооса склерометром Мартенса с алмазным острием», напечатанной в Записках Минералогического общества в 1932 г. -

Г. Б. Бокий, в то время (1929—1930 гг.) студент Ленинградского горного института, получил от Анатолия Капитоновича предложение провести в качестве дипломной работы исследование твердости эталонных минералов минералогической шкалы твердости на склерометре Мартенса. Результаты, полученные Г. Б. Бокием, оказались довольно неожиданными. Выяснилось, что для отдельных

минералов шкалы полностью отсутствует пропорциональность в склерометрических значениях твердости. Так, минералы одинаковой ступени твердости — гипс и галит — получили царапины шириной 0.010 мм при различных нагрузках, в то время как флюорит и апатит, находящиеся в шкале Мооса на разных уровнях твердости, царапины одной и той же ширины (0.010 мм) приобрели при одной и той же нагрузке. Все это столь смутило А. К. Болдырева, что он решил проверить всю работу от начала и до конца, повторив ее на препаратах Г. Б. Бокия. «В то время, — вспоминает сам Г. Б. Бокий, — я даже немного обиделся на него, так как мне казалось, что он не доверяет моим результатам».<sup>4</sup> Лишь полностью убедившись в правильности результатов, полученных Г. Б. Бокием, Болдырев не только содействовал опубликованию этой работы, но и счел необходимым основные ее результаты поместить в свой известный курс «Кристаллография» (1934 г.).

Строгая система и методичность во всех теоретических и практических исследованиях временами производила на коллег Болдырева впечатление некоторой «сухости» и даже «холодности». Однажды во время полевых исследований, проводившихся на одном из месторождений Забайкалья, участок, на котором Болдырев в то время вел разведочные работы, посетил выдающийся геолог и минералог академик А. Е. Ферсман. Стремясь последовательно изложить А. Е. Ферсману систему и методику своих полевых исследований, Анатолий Капитонович стал рассказывать своему гостю о цели, характере, методике и обосновании запроектированных им разведочных работ. Однако слушателю, страстному любителю и ценителю минералов, это было не очень интересно. Его, естественно, тянуло к самым камням, минералам и минеральным ассоциациям, к обнажениям, где наиболее ярко было представлено все разнообразие минералов месторождения. В итоге, высоко ценя глубину знаний и опыт Анатолия Капитоновича, Ферсман говорил о «несколько холодной любви А. К. к камню».<sup>5</sup>

---

<sup>4</sup> Письмо чл.-корр. АН СССР Г. Б. Бокия авторам книги. 1975 г. — Архив Федоровск. ин-та, каф. кристаллогр. ЛГИ (в дальнейшем АФИ ЛГИ).

<sup>5</sup> Письмо Е. М. Ферсман И. И. Шафрановскому. — АФИ ЛГИ.

Такова разница между крупными деятелями науки, неодинаково эмоционально воспринимавшими различные стороны научных исследований. На примере Болдырева и Ферсмана блестяще подтверждается мысль В. Оствальда о разделении ученых на романтиков и классиков. А. Е. Ферсман был ярким представителем ученых-романтиков, а А. К. Болдырев всем своим научным творчеством и обликом ученого — представителем классиков.

А. К. Болдырев был прирожденным педагогом, обладающим исключительной способностью логично, четко и ясно, возможно несколько в ущерб эмоциональности, излагать слушателям учебный или научный материал. Однако у всех тех, кто стремился к основательному и серьезному усвоению знаний, лекции Анатолия Капитоновича пользовались огромным успехом благодаря строгости и четкости формулировок, обширности преподаваемого материала, глубине подхода к рассматриваемому вопросу.

Многие совершенно справедливо отмечают, что между учеными, даже великими по своим научным достижениям, и учеными, способными четко передавать свои знания, подчас существует большое различие.

Непререкаем научный авторитет гениального кристаллографа Е. С. Федорова, исключительно велики его научные заслуги. Его научные работы, поразительные по глубине проникновения в сущность рассматриваемых им проблем, послужили основой для развития целых направлений в науке. Но те, кому приходилось слушать Федорова, отмечали сложность и трудность восприятия его лекций; многое из того, что он излагал, часто оставалось непонятным. Лекции Е. С. Федорова, несмотря на исключительную содержательность и строгую математическую обоснованность, по словам академика Д. В. Наливкина, профессоров Р. Ф. Геккера, Н. С. Грейвера и других, не привлекали большой аудитории. Среди студентов, слушавших Е. С. Федорова, шли разговоры о том, что его могут понимать лишь отдельные редкие люди, в числе которых одним из первых называли А. К. Болдырева. Лекции же самого Болдырева всегда доходили до аудитории. Вот как, например, характеризует лекции, которые читал А. К. Болдырев по кристаллографии еще на заре своей педагогической деятельности, известный советский палеонтолог профессор Р. Ф. Геккер: «На следующий год после смерти

Е. С. Федорова читать курс кристаллографии было поручено Анатолию Капитоновичу Болдыреву, тогда еще окончившему курс Горного института. Я снова стал ходить на лекции по кристаллографии и занимался ею практически, так как, согласно учебному плану, должен был сдать этот предмет. Однако получилось нечто совершенно неожиданное. Студент Болдырев так просто и ясно излагал предмет для геологоразведчиков, что для меня он оказался полностью понятным... и я первым в нашей группе в 1922 году сдал Болдыреву кристаллографию на 5! ... Таким был А. К. Болдырев уже в самом начале своей педагогической и научной деятельности!».<sup>6</sup>

Интересны высказывания и других ученых о лекциях А. К. Болдырева. Вот, что вспоминает по этому поводу профессор Горного института металлург Н. С. Грейвер: «Анатолий Капитонович блестяще преподавал кристаллографию, и я не пропустил ни одной его лекции. То, что у Федорова представлялось мне непонятным, отчетливо усваивалось у Болдырева, разумеется, при наличии необходимых математических представлений. Читал он предельно четко, логично и доступно, привлекая безукоризненной систематизацией и геометризацией материала. Отлично и увлекательно были поставлены и практические занятия, которые вел универсальник Иосиф Маркович Аншелес, тоже впоследствии доктор-профессор. В результате этих занятий мы очень натренировались на безошибочном диагностировании кристаллографических форм и их комбинаций, правда только на крупных деревянных моделях».<sup>7</sup>

Несколько более «сухими» казались слушателям лекции А. К. Болдырева по минералогии. Для полной объективности приведем мнение того же профессора Н. С. Грейвера о лекциях Болдырева по минералогии: «Кристаллография — конек Болдырева, лекции же по минералогии были значительно слабее по форме и воспринимались нами без энтузиазма. Наименование минерала, состав, сингония, вид симметрии, цвет, блеск, удельный вес, твердость, происхождение — все в духе сухого справочника.

---

<sup>6</sup> Геккер Р. Ф. Воспоминания о Горном институте. 1970, с. 11, 12. Выписка хранится в АФИ ЛГИ.

<sup>7</sup> Грейвер Н. С. Воспоминания... Выписка хранится в АФИ ЛГИ.

Тогда казалось, что это обусловлено спецификой дисциплины, и лишь впоследствии, когда мне довелось много раз встречаться, беседовать и слушать феерические выступления академика Александра Евгеньевича Ферсмана, я понял, что все дисциплины можно читать увлекательно и с блеском, но не каждому лектору это по плечу».<sup>8</sup>

На своих лекциях Анатолий Капитонович не ограничивался изложением основ науки. Преподавание он стремился вести активно, вовлекая студентов в научное творчество. Известны случаи, когда Болдырев, внимательно наблюдая за своими слушателями, отмечал в некоторых из них особый интерес к тем или иным разделам научной дисциплины и старался развить в них научное мышление. А чтобы заинтересовать, он ставил перед ними различные задачи, решение которых представляло порой научный интерес, подчас достойный публикации. При этом Анатолий Капитонович очень тонко подмечал индивидуальные наклонности своих студентов и стремился наиболее плодотворно их использовать.

С подобных студенческих заданий началось «вхождение» в геометрическую кристаллографию В. В. Доливо-Добровольского и В. И. Михеева, впоследствии ставших крупными кристаллографами, профессорами Горного института.

В. В. Доливо-Добровольскому А. К. Болдырев предложил сделать вывод форм додекаэдро-икосаэдрической системы, что и было им успешно осуществлено; результаты вывода опубликованы в Записках Минералогического общества в 1924 г. В. И. Михееву, еще в бытность его студентом, Анатолий Капитонович поручил исследовать причины расслоения пересыщенных растворов. Результаты этой работы были не только опубликованы, но и использованы Болдыревым в его курсе кристаллографии. В молодом, только что окончившем курс Горного института Д. П. Григорьеве А. К. Болдырев подметил исключительную склонность к минералогии и минералогическим исследованиям и смело поручил молодому ассистенту составление одной из глав подготавливаемого для издания «Курса минералогии».

Академик Д. С. Коржинский, слушавший лекции А. К. Болдырева в Горном институте, вспоминает:

---

<sup>8</sup> Там же.

«С удовольствием вспоминаю курс лекций по кристаллографии профессора Анатолия Капитоновича Болдырева, по которому я составил запись со всеми комментариями, потом использовавшимися и другими студентами. А. К. Болдырев был блестящим педагогом и ученым. Он один из первых в нашей стране оценил значение работ Бреггов и поставил в организованном им Федоровском институте при Горном институте работы по рентгеноструктуре минералов, к которым привлёк ряд своих учеников. Этот коллектив позднее составил наш первый рентгеноструктурный определитель минералов.

На своих лекциях по кристаллографии он предложил желающим студентам из нашей группы заняться в качестве первой научной работы темой „Виды симметрии пентагональной сингонии“ (среди кристаллов пентагональная симметрия не представлена). Это предложение было принято В. В. Доливо-Добровольским, вскоре опубликовавшим свою первую научную работу на эту тему. По окончании Горного института В. В. Доливо-Добровольский остался на кафедре кристаллографии.

Ряд советов и высказываний А. К. Болдырева запомнились на всю жизнь. Он предостерегал нас от поверхностного подхода к исследованиям и советовал любую сделанную работу доводить до конца, вплоть до опубликования. Однажды, когда я уже по окончании Горного института работал в Геологическом комитете по геологической съёмке, А. К. Болдырев зашел в кабинет, где я разбирал свои коллекции по изучавшемуся мной району. Я постарался объяснить Анатолию Капитоновичу, что интересного я нахожу в геологической съёмке, когда сначала все представляется неожиданным и загадочным, но постепенно, по мере исследования, открываются общие закономерности геологической истории района. На это А. К. Болдырев заметил: „Удивляюсь, как человек с математическими способностями может заниматься такими вещами. Но ничего, — когда человек начинает заниматься вещами, ему не свойственными, то обычно из этого получается что-нибудь интересное“. И действительно, как мне кажется, его пророчество можно считать оправдавшимся. Многолетние полевые петрологические исследования, которыми я весьма увлекался, привели меня к формулировкам некоторых физико-химических закономерностей минералообразования, для чего требовался, с одной стороны, геологи-

ческий опыт, а с другой — склонность к математической интерпретации наблюдаемого».<sup>9</sup>

Другой ученик А. К. Болдырева, талантливый геолог-доцент Иркутского государственного университета Г. А. Дмитриев вспоминает: «В 1933 г. на 1-м курсе я слушал лекции профессора А. К. Болдырева по кристаллографии. Как и все другие лекции в ЛГИ, я слушал их внимательно, стараясь понять суть и логику рассуждений лектора. На лекциях Анатолия Капитоновича у меня это получалось. Это, конечно, объяснялось качеством лекций А. К. Болдырева, их логикой, стройностью. Новый для меня предмет я понимал и прочно усваивал.

В те времена мне нравилась математика (особенно геометрия), и я с удовольствием решал всякие задачи по аналитической и начертательной геометрии. Чем труднее была задача, тем большее удовлетворение я получал при ее решении. И вот на лекции по кристаллографии А. К. Болдырев предлагает решить задачу о замене последовательного отражения системы точек в трех плоскостях одной инверсионной осью. Я взялся сгоряча за решение задачи и на другой день сказал Анатолию Капитоновичу, что решил задачу. Он пригласил меня к себе в кабинет и попросил на словах объяснить ход решения. В моем доказательстве он нашел несколько неточностей; несколькими вопросами поставил меня в тупик и просил пойти к нему вновь, когда я найду выход из тупика.

Я зашел к нему на следующий день, ответил на вопросы и уже с необходимой строгостью повторил ход решения задачи. Он согласился со мной и попросил изложить все на бумаге в виде статьи для опубликования в Записках Всесоюзного минералогического общества. Я сделал это на следующий день.

После ознакомления с рукописью Анатолий Капитонович предложил мне решить еще задачу из области учения о симметрии. Через несколько дней я пришел к нему с готовым решением, которое я должен ему был изложить на словах. По ходу изложения он делал замечания и ставил вопросы.

Вот так мы „настроились друг на друга“ и привыкли

---

<sup>9</sup> Коржинский Д. С. Воспоминания о Ленинградском горном институте. — В кн.: Геологи Ленинградского горного института. Очерки по истории геологических знаний. Вып. 17. М., «Наука», 1974, с. 189, 190.



словесно излагать ход решения вопросов, используя краткий, сухой язык геометрии. Затем в дальнейшем при частых встречах из-за ограниченности времени для разговора мы перешли на некоторый условный язык сокращений и уже понимали друг друга с полуслова. Наши разговоры были как бы совместными мысленными путешествиями в область геометрии, симметрии. Когда возникали какие-либо затруднения, Анатолий Капитонович формулировал задачу, ставил ряд конкретных вопросов и на несколько дней отправлял меня решать их самостоятельно. Он сообщал мне, где его искать и в какое время (дома, в Горном институте, в ЦНИГРИ — бывшем Геолкоме).

Вот так он приучил меня к самостоятельным занятиям симметрией, к умению находить выход из ситуаций «тупика, возникающего при теоретическом исследовании».<sup>10</sup>

Требовательность Анатолия Капитоновича к студентам при изучении кристаллографии и минералогии была весьма высокой. Заботясь о прочном усвоении студентами основ науки, А. К. Болдырев на экзаменах и зачетах осуществлял обстоятельную проверку знаний не по отдельным частным вопросам, а систематически — по всем разделам курса. Поэтому никакой случайности в оценке знаний, положительной или отрицательной, у Болдырева быть не могло и фактически не бывало. Полностью исключала случайность сама методика проведения экзаменов и зачетов. Так, например, для получения зачета по практическим занятиям по минералогии необходимо было правильно определить и со всеми свойствами описать подряд 10 минералов; если определение оказывалось ошибочным, зачет откладывался и надо было все начинать сначала. Среди студентов ходили слухи, что к Болдыреву для получения положительной оценки по зачетам и экзаменам приходили до десяти раз.

Однако при всей строгости Анатолий Капитонович отличался исключительной справедливостью. Не было случая даже «кулуарных» жалоб студентов на ошибочность его оценки. В воспоминаниях Н. С. Грейвера дана весьма интересная характеристика этой стороны педагогической деятельности А. К. Болдырева: «Экзаменовал Анатолий Капитонович безукоризненно справедливо, но без малей-

---

<sup>10</sup> Письмо Г. А. Дмитриева И. И. Шафрановскому. 1975 г. — АФИ ЛГИ.

ших поблажек. Задав вопросы, он внимательно, но совершенно невозмутимо, с непроницаемым лицом, слушал ответ и тут же выносил безапелляционное суждение. Можно не сомневаться, что нынешний фортель некоторых студентов, которые, следя за выражением лица экзаменатора, вдруг произносят классическую фразу: „Это я сказал в смысле наоборот“, — с Болдыревым бы не удался». <sup>11</sup>

Анатолий Капитонович был человеком исключительно широкого научного диапазона. Во всех научных областях, где ему удавалось работать, — кристаллографии, минералогии и геологии — он добивался выдающихся научных достижений. Но вместе с тем он прекрасно понимал, что развитие отдельных наук идет столь быстрыми темпами, что современный ученый уже не способен с большой научной отдачей одновременно работать в нескольких научных областях и всегда рекомендовал сосредоточить внимание лишь на одной выбранной области знания. Весьма показательны в этом отношении советы Болдырева молодому человеку, заканчивавшему тогда высшее учебное заведение, ныне видному советскому кристаллографу профессору Н. Н. Шефталю: «Конечно, не может быть никакого сомнения в том, что кристаллография почти никак не связана с геологией и очень немногими точками соприкосновения связана с полевой минералогией. Поэтому, если Вы хотите достигнуть чего-либо крупного в кристаллографии, Вы не должны тратить время на полевые, в особенности на геологические, практики. Особенно следует Вам бояться того, что Вас задолжат на зиму («камеральная обработка»), если это не будут гониометрические и кристаллооптические измерения (исключительно). Даже петрография и даже минералогия (некристаллографическая) не должны Вас отвлекать.

Но, с другой стороны, не только полезно, но и необходимо летом уехать куда-нибудь на 2—3 месяца. И очень трудно студенту геологоразведочного учебного заведения не соблазниться весной, когда все кругом уезжают на летние работы, и не уехать также. Тогда надо брать минералогическую практику, с тем чтобы зимой только мерить кристаллы на гониометре и под микроскопом или чтобы зимой эта коллекция вовсе не отнимала Вашего времени.

---

<sup>11</sup> Грейвер Н. С. Воспоминания... Выписка хранится в АФИ ЛГИ.

Будущему кристаллографу надо, кроме кристаллографии, заниматься прежде всего математикой, физикой, химией, во вторую очередь, если есть склонность, — минералогией и избегать геологии, требующей совсем других извилин в мозгу». <sup>12</sup>

Привлекая к научной работе молодежь и передавая им свой богатый опыт и знания, Анатолий Капитонович исключительно щепетильно относился в совместных работах к вопросу об авторстве. Неоднократно он настаивал на снятии своей фамилии в заголовках научных статей, мотивируя это тем, что гнаться, мол, ему за количеством научных работ нет надобности, а для молодежи, вступающей в науку, важно выступить в печати самостоятельно.

Совершенно нетерпимо относился Болдырев ко всяким проявлениям неэтичности и элементам плагиата у некоторых авторов, «забывающих» в своих работах делать ссылки на своих предшественников. При этом жесткая принципиальность сочеталась в нем с большой тактичностью. Так, например, после нескольких устных предложений одному из авторов-кристаллографов, не упомянувшему в статье своих предшественников, выступить в печати с исправлением своей ошибки, однако оставленных им без внимания, А. К. Болдырев счел необходимым выступить в печати самому. В своей заметке, написанной весьма объективно и в тактичной форме, он отметил неэтичность, допущенную автором, а в заключение — после положительной характеристики основного мотива статьи — написал: «К сожалению, эта заслуга омрачается совершенно непонятным несоблюдением элементарных правил всякого рода литературной деятельности, по которым автор обязан указывать источники, откуда он что-либо заимствует, в особенности если это заимствование составляет около 90 % всей его работы. Цель настоящей заметки и состоит в том, чтобы восполнить этот пробел реферируемой статьи». <sup>13</sup>

О строжайше щепетильном отношении к авторству говорит и следующее письмо Анатолия Капитоновича, направленное им в редакцию «Вестника Геологического ко-

<sup>12</sup> Письмо А. К. Болдырева Н. Н. Шефталю от 8 IV 1931 г. — АФИ ЛГИ.

<sup>13</sup> Болдырев А. К. Заметка о статье Н. Н. Падурова «Tabellen zur Dickenbestimmung von Netzen». — Зап. ВМО, 1935, ч. 64, вып. 1, с. 261.

митета» и опубликованное в № 4 этого журнала за 1929 г. В этом письме он пишет: «В годовом обзоре минеральных ресурсов СССР за 1926/27 г. на с. 327 помещена таблица запасов железных руд горы Высокой, в качестве автора которой указан я. В действительности автором подсчета является геолог Нижне-Тагильского железорудного треста В. И. Станкевич. После него я нового пересчета не делал и лишь сгруппировал его цифры. Признавая неизбежным право каждого на полный продукт его труда, прошу Вас поместить эти разъяснения в ближайшем номере Вестника Геологического комитета».

На совещаниях и заседаниях общего, научно-административного и педагогического характера Болдырев выступал не часто, но высказывавшиеся им мысли и отдельные реплики всегда были дельны, принципиальны, а порой и весьма остры.

На научных заседаниях, где председательствовал Анатолий Капитонович, всегда соблюдался деловой порядок и строгая дисциплина. Он не терпел каких-либо проявлений нелояльности в выступлениях одних по отношению к другим. От докладчиков, излагающих тот или иной научный вопрос, Болдырев требовал выводов, строго обоснованных опытными данными, дискуссию же без фактического материала считал бесплодной.

О том непрерываемом авторитете, которым пользовался Анатолий Капитонович среди своих коллег, свидетельствует такой случай, сохранившийся в памяти многих его учеников. Этот же случай является еще одним примером той высокой принципиальности и требовательности, которая предъявлялась им по отношению к научным исследованиям. В период 1926—1935 гг. между двумя нашими выдающимися кристаллографами — членом-корреспондентом АН СССР (впоследствии ставшим академиком) А. В. Шубниковым и профессором О. М. Аншелесом велась весьма оживленная дискуссия о природе вицинальных образований на кристаллах (вицинали — участки граней, незначительно отклоненные от основных гранных плоскостей; чаще всего они проявляются в виде тупых пирамидок). Порой эта дискуссия принимала достаточно бурный характер и приводила к жарким спорам и разногласиям. Попутно заметим, что и сейчас еще вопрос о природе вициналей вызывает все новые и новые толкования и не решен до конца.

Обсуждение этой проблемы велось и на заседаниях Федоровского института под председательством А. К. Болдырева. Убедившись, что дискуссия принимает затяжной характер и что оба кристаллографа с их последователями далеки от «мирного соглашения», Анатолий Капитонович предложил временно прекратить рассмотрение этой проблемы с тем, чтобы вернуться к ней, когда тщательно поставленные эксперименты внесут в нее необходимую ясность. Полушутя, полусерьезно, он внес даже предложение временно запретить произносить само слово «вициналь» на заседаниях Федоровского института, что и было принято участниками дискуссии.

Если научная и педагогическая деятельность А. К. Болдырева происходила у всех на виду и оставила неизгладимый след в науке и в учебной работе Ленинградского горного института, то сведения о его личной жизни весьма скудны, что объясняется некоторой замкнутостью Анатолия Капитоновича. Но и то, что о нем известно, свидетельствует, что это был человек высочайшей порядочности и человечности.

Анатолий Капитонович был женат дважды. От первого брака у него был сын — Алексей Анатольевич Болдырев, — окончивший обогатительный факультет Ленинградского горного института и работавший инженером-обогатителем в одном из научно-исследовательских учреждений г. Москвы. Несколько лет тому назад он скончался.

Второй брак — с Анной Михайловной Усатой — был исключительно счастливым до последних дней его жизни. Анна Михайловна происходила из мещан того же Грайворона, где родился и Болдырев. После окончания Харьковского университета она занималась преподавательской деятельностью, а параллельно изучала и совершенствовалась в оптических методах исследования минералов и петрографии осадочных пород. Обладая большими способностями, она под руководством своего супруга к 30-м—40-м годам выросла в высококвалифицированного кристаллооптика-минералога и петрографа-осадочника. Став самостоятельным научным работником, Анна Михайловна все годы была одновременно верным помощником в работе своего супруга. Обладая спокойным, ровным характером, она была любящей, беспрдельно преданной и заботливой женой.

Внешне Болдырев в служебной обстановке производил

впечатление малоразговорчивого, сосредоточенного человека, весьма дорожившего своим и чужим временем. Некоторыми эта особенность Анатолия Капитоновича принималась даже за суровость. В рабочей обстановке он был обычно молчалив, не реагировал на внешние шумы и посторонние разговоры. Когда он находился со своими сотрудниками в общем кабинете, то одно его присутствие создавало строгую рабочую обстановку, здоровую производственную дисциплину и напряженность. В его присутствии так называемых неделовых разговоров не было, хотя Анатолий Капитонович никогда не делал никаких замечаний. В то же время он без малейшей тени неудовольствия быстро реагировал на деловые вопросы, всегда давал исчерпывающие ответы, разъяснения и консультации. Манера письма Болдырева была неторопливой, свидетельствующей о методически спокойном его характере. Почерк всегда был исключительно четким; всех поражала каллиграфичность всех его рукописей, писем и даже мелких записок. Своим глубоким умом, выдающимися знаниями, спокойствием, ровным и неизменно благожелательным отношением к окружающим, готовностью дать любые разъяснения и консультации и в то же время строгостью и требовательностью он быстро завоевывал высокий авторитет даже среди людей, впервые с ним встречавшихся, не говоря уже о ближайших сотрудниках. Непререкаем был его научный и житейский авторитет.

Высочайшую степень уважения питали к Анатолию Капитоновичу его ближайшие ученики и все работавшие с ним. Отлично зная его характерные черты — сосредоточенность и стремление к максимальному использованию времени для работы, — два выдающихся ученика и сотрудника Болдырева, сами в то время уже зрелые ученые — Вадим Владимирович Доливо-Добровольский и Виктор Иванович Михеев, — большие любители шахматной игры, «боялись» Анатолия Капитоновича и трепетали от мысли что он узнает или застанет их за игрой в шахматы даже в свободное от преподавания или научной работы время. Этот почтительный «страх» перед учителем составлял забавную и милую черту взаимоотношений учеников с учителем. А ведь Анатолий Капитонович прекрасно знал о шахматном увлечении своих коллег, относился к нему вполне терпимо и никогда не сделал им ни одного замечания по этому поводу.



*Анатолий Капитонович и Анна Михайловна Болдыревы. 1938 г.*

Однако за внешней сосредоточенностью глубоко организованной натуры Анатолия Капитоновича скрывалось большое любящее сердце. Он был весьма привязан к своей супруге, ее родителям, к своим племянникам, которые долгое время у него воспитывались. Анатолий Капитонович дал им образование, впоследствии они стали опытными специалистами-инженерами.

Письма Анатолия Капитоновича к жене — Анне Михайловне — из-за границы (в период его командировки в Германию и Испанию) полны теплоты, внимательности и заботы. Так, в одном из них, присланном из Испании, он сетует на то, что вынужден слишком много тратить денег (это при его-то нетребовательности), тогда как его жена экономит на всем. Не забывает А. К. Болдырев в своих письмах, однако, и деловых сторон жизни. Он постоянно дает жене деловые поручения: то по ремонту рентгеновской лаборатории, то по вопросам приобретения технической литературы, выписке из-за границы книг и оборудования и т. д.

Анатолий Капитонович был высококультурным человеком, прекрасно знал историю науки, классическую литературу, любил музыку (одним из наиболее любимых им музыкальных произведений были «Страсти» Баха), по-

Поправка расстояния  
между симметричными линиями  
дебазграмм на толщину столбика  
последнего кристаллического порошка.

А. К. Болдырев и Г. М. Попов.

1. Задача статьи.

~~Немаловажная погрешность при построении рентгено-  
грамм — погрешность в определении расстояния между симметричными линиями~~  
Погрешность расстояния между парой соответ-  
ствующих линий дебазграммы, зависящая  
от абсорбции рентгенолучей ~~и толщины~~  
столбика исследуемого кристаллического  
порошка, — изучалась узами рядом авторов.  
~~Рассмотрим некоторые из них.~~ Перечислим их и приведем  
данные, которые нам известны, указывая в  
каждой строке автора, год издания его работ:  
~~В. В. Вильямс (1917) (1), Н. Вильямс (1917) (1),~~  
~~Ф. А. Калдинг (1921) (2), Д. Паули (1921-22) (3),~~ H. O. U.  
(1921) (5), ~~В. М. В. Мусков (1922) (7),~~ W. Gerlach (9)  
~~В. Г. Власов (1923) (8),~~ N. P. Davy (1921-22) (4)  
H. Мейер (1926) (9), Г. Курдюмов (1926) (10), G. Meuzer (1932) (11)

Образец почерка А. К. Болдырева. Рабочий вариант статьи  
А. К. Болдырева и Г. М. Попова «Поправка расстояния между  
симметричными линиями дебазграмм на толщину столбика иссле-  
дуемого кристаллического порошка».



~~Как~~  
Если мы решались, несмотря на столь большое ~~неопределенность~~ для такого ~~небольшого~~ ~~вопроса~~ сравнительно малого вопроса ко

Как видим, этот сравнительно небольшой по объему вопрос имеет довольно большую литературу. Однако, несмотря на это в своих работах по рентгенометрии кристаллов методом Дебая-Шеррера мы встретили необходимость ~~во-первых~~ <sup>в</sup> ~~разъяснении и~~  
~~уточнении и некоторых пунктов~~  
~~этой проблемы~~ в устранении неточностей содержащихся в некоторых из указанных выше работ, перешедших отсюда даже в некоторые «сводные» сочинения (Н. Марк (10), К. Влоскар (13));  
~~во-вторых~~ <sup>доискани</sup> в ~~разъяснении~~ и уточнении некоторых пунктов темы этой статьи; ~~и в-третьих~~ ~~как~~ в экспериментальной проверке той формулы, кот для поправки, которую мы считали за наиболее пригодную; и в-четвертых, наконец, в составлении и добавлении к статье таблиц, облегча-

Продолжение.

сещал концерты Филармонии, имел постоянный абонемент в оперу. В его научных и критических статьях нередко фигурируют имена и выражения классиков науки, литературы, философии, античных мыслителей. В письмах из-за границы к своей супруге он живо описывает исторические и художественные памятники, посещенные им музеи, нередко сопровождая эти описания философско-этическими размышлениями.

Анатолий Капитонович был необычайно щепетилён. Выход в свет первой части «Определителя кристаллов» было решено торжественно отметить коллективным ужином. Болдырев не разрешил своим, в большинстве не очень состоятельным сотрудникам участвовать в расходах по организации вечера. Он заявил тогда: «Я — наиболее мощная в финансовом отношении среди нас единица», и всю финансовую сторону организации праздника взял на себя.

Рабочий день Анатолия Капитоновича в период его работы в Горном институте и ЦНИГРИ был заполнен до предела: рано утром его всегда можно было застать в своем домашнем кабинете за письменным столом, днем — на кафедре, в своем кабинете в ЦНИГРИ или в рентгеновской лаборатории, а вечером вновь дома за письменным столом. Время свое он рассчитывал по минутам. Никто и никогда не заставал его «без дела». Даже во время обеда он не терял времени — читал и переводил для тренировки газеты, печатающиеся на иностранных языках, одновременно сообщая домашним различные новости. В период болезни глаз Анатолий Капитонович собирал по вечерам учеников и заставлял читать какую-либо новую литературу по кристаллографии или рентгенометрии, прорабатывал и обсуждал с ними новейшие достижения, методы и выводы науки.

В силу исключительной занятости своего супруга Анне Михайловне приходилось прилагать немало усилий для поддержания режима, общения с друзьями, посещения театров. Единственно, что позволял себе Анатолий Капитонович, — это раз в году, на месяц, выезжать в одну из здравниц Крыма или Кавказа.

В годы жизни на Северо-Востоке Анатолий Капитонович сохранял свою основную черту характера — глубокую сосредоточенность, но в нерабочее время стал заметно более общительным человеком, охотно посещал друзей и знакомых, участвовал в длительных воскресных

прогулках за город. Но даже посещение знакомых и «хождение в гости» он обычно сочетал с каким-нибудь делом, как бы стесняясь праздного времяпрепровождения. Все отмечали, что он был весьма интересным собеседником — поражали его исключительно широкие познания в самых различных областях науки, искусства и литературы.

Не было чуждо Анатолию Капитоновичу и чувство юмора. Он любил пошутить со своими племянниками; умело и ласково обращался с маленькими детьми.

Однажды в Магадане с ним произошел забавный случай. Он как-то шел по улице со своей супругой. Маленький ребенок, лет 4—5, никогда еще не видевший профессора и не представляющий, что это такое, подбежал к Анатолию Капитоновичу и задал ему вопрос: «Дяденька, а верно, что Вы профессор?». Несколько смутившись от неожиданности, Болдырев ответил: «Да, верно, я профессор». Ребенок же наивно углубил свой вопрос: «И кислых щей?». Вновь оправившись от неожиданности, ученый ответил, рассмеявшись, — «Да, верно, и кислых щей». Ребенок был явно удовлетворен.

Вся жизнь А. К. Болдырева — пример бескорыстного служения науке, несмотря на трудности и невзгоды, а их Анатолию Капитоновичу пришлось в своей жизни испытать немало. Однако в каких бы условиях он ни находился, работал он всегда ритмично, оставаясь в научном творчестве высоко требовательным к себе. На протяжении всего периода жизни и деятельности на Северо-Востоке он, невзирая на возраст и ослабленное здоровье, не мог ни одного дня, ни одной минуты находиться без дела. Рабочий день его продолжался с раннего утра и до позднего вечера. Несмотря на недостаток литературы, во всех его работах этого периода сохранилась математическая строгость и обоснованность выводов, предельная ясность мысли, исключительный оптимизм. В письме академика В. И. Вернадского к одному из авторов этой книги есть такие слова: «Я получил очень бодрое письмо от Анатолия Капитоновича и от его жены.<sup>14</sup> Он, по-видимому, прекрасно работает».<sup>15</sup>

<sup>14</sup> В 1943 г. супруга Анатолия Капитоновича, Анна Михайловна, приехала к нему в Магадан.

<sup>15</sup> Письмо В. И. Вернадского И. И. Шафрановскому от 14 января 1944 г. — АФИ ЛГИ.

Совершенно справедливо характеризует А. К. Болдырева один из видных геологов Дальстроя Г. Г. Колтовской в статье, посвященной памяти ученого: «Нас, геологов, работавших с Анатолием Капитоновичем, всегда поражали и восхищали его исключительный оптимизм. Жизнь его — это действительно научный подвиг».<sup>16</sup>

Неизменно строгий к себе, глубоко принципиальный во всем, он ставил на первое место сознание долга и этим завоевывал себе большой авторитет.

К высокому авторитету Анатолия Капитоновича, его выдающимся человеческим качествам неоднократно обращались не только при решении спорных научных вопросов, но и при разборе серьезных нравственно-этических конфликтов, иногда возникавших в научно-педагогической среде. Во всех подобных случаях мнение его всегда отличалось высокой принципиальностью и справедливостью, а потому безоговорочно принималось конфликтующими сторонами.

Чувством долга перед товарищами еще в студенческие времена объясняется тот факт, что Болдырев как представитель студенчества участвовал в качестве свидетеля на процессе Пуришкевича (1909 г.), известного черносотенца, матерого погромщика, которого ненавидела и презирала вся прогрессивная Россия. За гнусную клевету Пуришкевича на студенчество Горного института студенты потребовали над ним суда.

Страстное выступление Болдырева на суде было столь убедительным, что даже сам Пуришкевич, надев личину друга молодежи, был вынужден признать «кристальную честность» и правоту студентов, фарисейски сетуя, что прекрасный юноша в красной рубашке, с голубыми глазами не в лагере верноподанных его императорского величества. На что Болдырев не замедлил ответить: «Иуда, прежде чем предать Христа, тоже в уста его целовал!».<sup>17</sup>

Анатолий Капитонович был до конца предан науке и делу подготовки квалифицированных специалистов. В 1945 г., когда ничто не предвещало печального конца,

---

<sup>16</sup> Колтовской Г. Г. Сердце остается верным. — Магаданская Правда, 1963, 12 ноября, № 265.

<sup>17</sup> Грейвер Н. С. Воспоминания...

свои сокровенные мысли он выразил в письме на имя ректора Горного института: «А в те немногие годы, которые мне осталось жить, я хотел бы весь накопленный мной опыт и все мои знания отдать на пользу советской молодежи и науки и тем способствовать по мере своих сил наибольшему процветанию нашей великой социалистической Родины».<sup>18</sup>

Однако, как ни стремился Анатолий Капитонович в родной институт, он до конца оставался верным своему долгу. В переписке с ректором Горного института, намечая сроки своего возвращения в Ленинград, Болдырев тем не менее указывал, что приехать сможет лишь после завершения темы «Минералогия Северо-Востока», приблизительно к 1 января 1946 г. Долг прежде всего! К сожалению, планам Анатолия Капитоновича свершиться было не суждено.

Прекрасную и разностороннюю характеристику Болдырева как ученого и человека дает ныне здравствующий академик Д. В. Наливкин, лично знавший Анатолия Капитоновича на протяжении многих лет.

«А. К. Болдырев был поразительным, необыкновенным человеком. Он превосходил всех нас как по научной работе, так и по общественной деятельности.

Впервые я познакомился с А. К. Болдыревым вскоре после первой русской революции 1905 г., когда мы оба были студентами Петербургского горного института. Среди студенчества он за свою научную и общественную деятельность пользовался большой популярностью и уважением.

С первых же дней нашего знакомства он внушил мне необычайное уважение к себе, и потом он мне просто нравился — он был такой хороший человек! В результате последующих встреч и бесед с ним мое хорошее отношение и уважение к нему становились все больше и больше. Однако в годы моего студенчества я встречался с Болдыревым сравнительно редко и знал только, что он работал на кафедре кристаллографии у Е. С. Федорова и был его ближайшим помощником и продолжателем его исследований и построений.

Более тесно мне пришлось встретиться с ним в первые годы Советской власти, сразу же после Великой Ок-

---

<sup>18</sup> Архив отдела кадров ЛГИ. Личное дело А. К. Болдырева.

тябрьской революции. Это были годы гражданской войны, Петроград голодал, топлива было мало, жители разъехались, город опустел. У нас в Горном институте студентов было очень мало. На геологическом факультете их было всего около сорока, дела было мало, и наша маленькая коммуна погрузилась в личные дела, в свою научную жизнь.

Наша коммуна состояла из четырех человек, так непохожих и так уважавших друг друга. Бесспорным главой был Анатолий Капитонович; его решения и указания выполнялись нами неукоснительно и с удовольствием. Вторым номером был я, тогда секретарь факультета, ближайший помощник профессора К. И. Богдановича. После двух лет армии я, наконец, дорвался до своих девонских брахиопод и запоем изучал их. Третий, Сергей Сергеевич Смирнов, тогда начинал свою научную деятельность изучением карбоновых гигантелл под моим руководством. Их бесконечное разнообразие и полное отсутствие закономерностей ему не нравились, и он подумывал о переклещивании на рудные месторождения, которым потом и посвятил всю свою недолгую жизнь и с таким успехом. Четвертым, самым необыкновенным из нас, был Александр Адамович Анискович, белорусс, тихий, спокойный, внимательный человек, необыкновенно чистой души, преподаватель на кафедре маркшейдерского искусства у профессора В. И. Баумана.

Наша маленькая коммуна существовала года два-три. Когда условия жизни в Петрограде стали лучше, к Анатолию Капитоновичу приехала его жена Анна Михайловна, ко мне — Анна Кузьминична с Васей, Сергей Сергеевич увлекся своими сибирскими экспедициями, Александр Адамович переехал в Москву — коммуна распалась. Но за эти два-три года мы успели узнать друг друга неплохо.

Анатолий Капитонович был человеком исключительного ума. Он великолепно разбирался не только в научных вопросах, но и в общественно-политических.

Вспоминая Анатолия Капитоновича, невольно склоняешься перед его памятью. Такие люди, как он, редки, единственны; они составляют нашу гордость. С чувством глубокого уважения и преклонения вспоминаешь Еврафа Степановича Федорова. Болдырев был его главным учеником, вполне достойным своего учителя и как ученый, и как человек.

С Анатолием Капитоновичем как ученым мне пришлось мало иметь дела, тематика нашей работы была слишком различна. Позднее, когда я начал заниматься криволинейной симметрией, Болдырев весьма лестно оценил эти мои работы, назвав их „важным обобщением“ в учении о симметрии.

Как человека Анатолия Капитоновича я знал хорошо. Он был среднего роста, среднего телосложения, держался всегда спокойно, выдержанно, с большим достоинством; он редко улыбался, еще реже смеялся. Его глубокие всевидящие глаза смотрели на вас так спокойно, но казалось, что он видит все, видит вас насквозь. Обычно так оно и было.

Во многом он походил на своего учителя Евграфа Степановича Федорова. Но в последние годы своей жизни Федоров был человеком не от мира сего, он поразительно хорошо относился к людям, которые его окружали, и всему, что было связано с Горным институтом, он полностью доверял.

Доверчивость Е. С. Федорова к студентам доходила до анекдотических ситуаций. Никогда не забуду экзамен по петрографии, который я вместе с В. Г. Мухиным сдавал ему в 1913 г. Теорию мы сдали хорошо, но за теорией шло определение шлифов. Их Евграф Степанович доставал из своих коллекций и давал студенту, тот уходил и делал далее, что угодно. Выдал шлифы он и нам, но давая шлиф В. Г., он ласково посмотрел на него и немного улыбнулся. Выйдя из кабинета, мы сразу обратились к Дмитрию Васильевичу Никитину, нашему хорошему знакомому, благо он сидел в соседней комнате. Мой шлиф он определил сразу, но шлиф Мухина смотрел долго и, наконец, сказал: „Не знаю, что это такое, наверное с Северного Урала. Вы поезжайте в Академию наук, в геологический музей, там есть один выдающийся петрограф, специально работавший по породам Северного Урала, может быть, он определит“. В. Г. выбежал из института, вскочил на извозчика и помчался в Академию наук. Там специалист, не помню уже его фамилии, долго смотрел, наконец, улыбнулся и сказал: „Какая интересная порода, наверное это...“, и назвал имя, которого мы никогда и не слышали. В. Г. бросился обратно в институт. Федоров все еще сидел у себя в кабинете и занимался своими делами. В. Г. дает ему шлиф, Евграф Сте-

панович смотрит на него, улыбаясь: „Ну как?“. В. Г. с трепетом душевным говорит название. Федоров весь сияет, рад искренне, как маленький ребенок: „Как это вы определили? Это такая редкая порода, очень хорошо“. В. Г. получил пятерку с плюсом, я четверку, и все кончилось благополучно.

У Болдырева это было бы просто невозможно. Определять шлифы он заставлял бы при себе, и исход определения был бы ясен — мы провалились бы безнадежно.

При выполнении любой работы Анатолий Капитонович был требователен и неумолим, но в то же время поразительно справедлив и человечен. Студенты боялись его и любили. Он был одним из наиболее уважаемых преподавателей.

Вообще человеком он был необыкновенным, неповторимым. Я уже говорил, что единственно, кто к нему приближался, — это его учитель Е. С. Федоров. Оба они были творцами советской кристаллографии и оба были такими исключительно хорошими людьми. Их действительно не забудешь.

Говоря об Анатолии Капитоновиче, неизбежно вспоминаешь его жену — Анну Михайловну, Невысокого роста, прямая, выдержанная, серьезная и в то же время такая ласковая, человечная, она поражала с первой встречи. Оба они физически были обычными людьми, ничем не выделявшимися, но духовная красота их поражала. Болдырев был суровее, строже, более неумолим. Анна Михайловна тоже была строга и сурова, но все же мягче, ласковее, женственней. Вспоминать их обоих очень приятно».<sup>19</sup>

Заклучим эту главу общей характеристикой А. К. Болдырева как ученого — создателя собственной научной школы.

Анатолий Капитонович Болдырев, впитав в свое научное творчество в наиболее полной и совершенной форме научные идеи и методы своего великого учителя Е. С. Федорова, не оставался на уровне ученика и его последователя. Всем своим научным творчеством он расширял, углублял и разрабатывал различные вопросы кристаллографии и минералогии на основе точных, последователь-

---

<sup>19</sup> Письмо академика Д. В. Наливкина авторам книги от 1 VIII 1975. — АФИ ЛГИ.



ных и строго логических методов научного мышления; он создал свою собственную, болдыревскую, научную школу кристаллографов и минералогов. Методы и идеи Болдырева находят свое логическое развитие в учебниках по кристаллографии и минералогии В. В. Доливо-Добровольского, Г. М. Попова и И. И. Шафрановского, М. Н. Годлевского, А. Г. Бетехтина, Е. К. Лазаренко и других авторов, в учении о симметрии и геометрической кристаллографии — учении о гомологии В. И. Михеева, о кристаллографических разновидностях форм кристаллов Г. Б. Бокция и И. И. Шафрановского и во многих других трудах, в продолжении работ по составлению «Гониометрического определителя кристаллов» (В. Ф. Алявдин), «Рентгенометрического определителя минералов» (В. И. Михеев, Э. П. Сальдау) и в ряде других направлений.

Крупнейший советский ученый академик А. Н. Заварицкий так характеризует выдающуюся роль Анатолия Капитоновича Болдырева в развитии отечественной кристаллографии и минералогии: «По направлению своей научной деятельности А. К. Болдырев является продолжателем дела тех ученых, которые были тесно связаны с Горным институтом, — Н. И. Кошкарлова, П. В. Еремеева, Е. С. Федорова, В. В. Никитина. Эта славная школа русских кристаллографов-минералогов сочетала изучение природных минералов с изучением свойств вещества вообще и тесно увязывала это изучение с практической деятельностью по исследованию и использованию месторождений. Деятельность Е. С. Федорова в Богословском горном округе (теперь Серовский район) и работы А. К. Болдырева в Тагильском районе, обнаружение им оловянного камня в Атлянской россыпи при гониометрическом исследовании музейных коллекций являются примером такой тесной связи, казалось бы, чисто теоретических работ с практическими задачами».<sup>20</sup>

---

<sup>20</sup> Заварицкий А. Н. Анатолий Капитонович Болдырев. — Изв. АН СССР. Сер. геол., 1947, № 2, с. 119.

### Основы геометрического учения о симметрии

В 1907 г. на страницах Записок Минералогического общества появилась первая большая научная работа А. К. Болдырева под названием «Основы геометрического учения о симметрии».<sup>1</sup> Ее 24-летний автор был в то время студентом Петербургского горного института. Статья сопровождалась извлечением из лестного отзыва Е. С. Федорова, уже приводившегося выше.<sup>2</sup> В нем, в частности, отмечалась чрезвычайно строгая математическая логика этого труда. В дальнейшем нам не раз придется говорить об исключительной логической стройности большинства научных произведений А. К. Болдырева. Непогрешимо строгая логика является наиболее характерной чертой всего его научного творчества. Приведенный ниже обзор упомянутого труда показывает, что на научное поприще Болдырев вступил уже во всеоружии, умело используя методы геометрической кристаллографии в сочетании с основами математической логики. Вместе с тем хотелось бы подчеркнуть исключительную смелость начинающего автора, отважившегося произвести критический пересмотр классического учения о симметрии, достигшего высшего расцвета в гениальных трудах его учителя. Мало того, в основных определениях симметричных фигур, данных ранее другими учеными, среди которых стоит и имя его великого наставника, он находит «недостатки... с точки зрения логики».<sup>3</sup> Да и само назва-

<sup>1</sup> Зап. СПб. минерал. об-ва, 1907, ч. 45, вып. 1, с. 321—416.

<sup>2</sup> Федоров Е. С. Извлечение из отзыва о труде А. К. Болдырева «Основы геометрического учения о симметрии». — Зап. СПб. минерал. об-ва, 1907, ч. 45, вып. 1, с. 417—424.

<sup>3</sup> Болдырев А. К. Основы..., с. 323.

ние труда — «Основы геометрического учения о симметрии» — кажется вызывающе смелым, особенно если вспомнить, что оно принадлежит студенту, да еще не математику-теоретику, а слушателю технического учебного заведения. И все же теперь, когда основные положения, сформулированные молодым автором, цитируются в учебниках кристаллографии как непреложные истины, когда его работа числится в списке классической литературы по теоретической кристаллографии, мы ясно сознаем, как прав был студент Болдырев, поставивший перед собой задачу критического пересмотра первооснов учения о симметрии.

Труд Анатолия Капитоновича продолжает оставаться актуальным и в наши дни, когда учение о симметрии, постепенно расширяясь и модифицируясь, захватывает все новые области знания, проникая и в физику, и в химию, и в биологию, и в геологию, не говоря уже об его исключительном значении в исконно принадлежащем ему мире кристаллов.

Кристаллы «блещут своей симметрией» — эти слова из «Курса кристаллографии»<sup>4</sup> Е. С. Федорова лучше всего объясняют, почему чисто математическое учение о симметрии было в первую очередь обязано своим развитием естествоиспытателям-кристаллографам.

Изумительная геометрия кристаллических многогранников издавна поражала воображение ученых и побуждала их строить гипотезы о строго закономерном внутреннем строении этих загадочных природных образований. При этом привлекала внимание повторяемость одинаковых граней, ребер, вершин, слагающих в определенном порядке кристаллические фигуры, т. е. их симметрия.

Уже в XVIII в. знаменитый французский кристаллограф Р. Ж. Гаюи (1743—1822) писал о законе симметрии для кристаллов. Согласно этому закону, одинаковые части хорошо образованного кристалла обладают таким сходством, что при их взаимной замене — путем перемещения кристалла относительно глаза — вид кристалла кажется неизменившимся. По сути дела эта старинная формулировка вполне соответствует современному определению симметричной фигуры: «Симметричная фигура

---

<sup>4</sup> СПб., 1901, с. 1.

должна состоять из закономерно повторяющихся равных частей».<sup>5</sup> Однако и формулировка Гаюи и современное определение требуют дальнейших пояснений и уточнений строго математического характера.

Первым шагом по пути к такому уточнению явились кристаллографические координатные оси, введенные в науку немецкими учеными Х. С. Вейсом (1780—1856) и Ф. Моосом (1773—1839) и давшие возможность классифицировать мир кристаллов на семь систем (сингоний). Устанавливая эти оси, упомянутые ученые отчасти учитывали и симметрию кристаллов. Так, например, им было известно, что в кристаллах квадратной (тетрагональной) системы вокруг оси, принятой ими за главную, соответственные детали кристалла (грани, ребра) должны повторяться по меньшей мере четыре раза; соответственно в гексагональной и тригональной системах аналогичная повторяемость будет соответствовать шести и трем.

Строго математические основы симметрии для всех конечных фигур создал в 1830 г. профессор минералогии и пробирного искусства Марбургского университета И. Ф. Х. Гессель (1796—1872). Симметрию конечных тел он характеризовал с помощью специальных осей — неравноконечных, равноконечных, простых, удвоенных и др. Опираясь этими сложными понятиями, он дал полный вывод законов симметрии для всех конечных фигур, частные случаи которых представляют собой кристаллические образования (следует заметить, что само слово «симметрия» в его работе отсутствует, будучи заменено сложными немецкими терминами).

Вывод Гесселя в свое время остался совершенно незамеченным и не повлиял на дальнейшее развитие учения о симметрии. Лишь в 1890 г., через 18 лет после смерти ученого и через 60 лет после публикации его основного сочинения, Л. Зонке заново «открыл» забытый вывод Гесселя.

В 1849 г. бывший морской офицер, профессор астрономии и физики Парижской политехнической школы О. Браве (1811—1863) дал новый вывод законов симметрии для конечных фигур в мемуаре «Исследование о мно-

---

<sup>5</sup> Попов Г. М., Шафрановский И. И. Кристаллография. М., «Высшая школа», 1972, с. 51.

гогранниках симметричной формы». В нем впервые введены в науку те вспомогательные геометрические образы, которые мы сейчас называем элементами симметрии, — особые точки, оси, плоскости, с помощью которых характеризуются законы симметрии. Браве нашел только три типа таких элементов. Во-первых, это центр симметрии — особая точка внутри фигуры, характеризующаяся тем, что любая проведенная через нее прямая по обе стороны от нее и на равных расстояниях встречает одинаковые (соответственные) точки фигуры. Во-вторых, это плоскость симметрии, разделяющая фигуру на две зеркально-равные части, расположенные относительно друг друга, как предмет и его зеркальное отражение. В-третьих, это оси симметрии — прямые линии, вокруг которых равные части фигуры повторяются несколько раз. При этом части эти располагаются так, что путем поворота вокруг оси на некоторый определенный угол фигура занимает в пространстве то же положение, которое она занимала и до поворота, только на место одних ее частей становятся другие, равные им части. Других элементов симметрии Браве не знал. Поэтому сформулированное им определение симметричного многогранника выглядит следующим образом: «Симметричный многогранник... такой многогранник, который обладает или центром симметрии, или одной или несколькими плоскостями или осями симметрии».<sup>6</sup>

Формулируя свое определение, Браве и не подозревал, что существуют еще, помимо перечисленных им элементов симметрии, сложные инверсионные и зеркально-поворотные оси.

Инверсионная ось представляет собой совокупность оси и центра симметрии, действующих не по отдельности, а неотрывно друг от друга.

Зеркально-поворотная ось соответствует совокупности оси и перпендикулярной к ней плоскости симметрии, также действующих не порознь, а совместно.

Инверсионные и зеркально-поворотные оси взаимно дублируют друг друга, поэтому при выводе законов симметрии можно использовать по выбору либо те, либо другие.

---

<sup>6</sup> Браве О. Избранные научные труды. Кристаллографические этюды. Пер. П. Л. Дубова. Л., «Наука», 1974, с. 12.

Недоучет сложных осей является серьезным упущением в выводе Браве, результаты которого, естественно, страдают неполнотой. Поэтому нельзя не согласиться с Е. С. Федоровым, который, перечисляя сочинения Браве во главе с мемуаром «Исследование о многогранниках симметричной формы», пишет: «Первое из них положило основание учению о симметрии, дотоле не существовавшему. Слабою стороною является отсутствие общего определения симметрии и замена его произвольно избранными элементами: центром, осью и плоскостью симметрии».<sup>7</sup>

Следующим шагом на пути развития учения о симметрии явился «Вывод всех кристаллографических систем и их подразделений из одного общего начала» А. В. Гадолина (1867 г.). Петербургский академик по кафедре физики, крупный военный специалист, знаток и любитель минералов, А. В. Гадолин (1828—1892) в отличие от своих предшественников ограничил задачу вывода законов конечной симметрии исключительно для кристаллов.

Если геометрия допускает существование осей симметрии любых целых порядков — от единицы до бесконечности, то в кристаллах могут встречаться лишь оси первого, второго, третьего, четвертого и шестого порядков. Таким образом, вместо бесконечного числа законов конечной симметрии для геометрических фигур получается всего 32 вида симметрии для кристаллов. В своем выводе А. В. Гадолин в отличие от Браве учел существование сложных осей симметрии под названием «сфеноидальной симметрии». Его сочинение, написанное очень ясно и четко, получило широкое признание среди минералогов и кристаллографов и сыграло большую роль в распространении понятий о симметрии в науке того времени.

В 1884 г. П. Кюри (1859—1906) и одновременно с ним Е. С. Федоров (1883—1885 гг.) обратили внимание на пропуск, допущенный Браве, и сформулировали понятие о сложных (зеркально-поворотных) осях симметрии. П. Кюри называл такой элемент симметрии «плоскостью перемежающейся симметрии», а Е. С. Федоров — «элементом сфеноидальной симметрии». Сделанное открытие позволило обоим ученым дать исчерпывающе полный вывод

---

<sup>7</sup> Федоров Е. С. Курс кристаллографии. СПб., 1897, с. X.

законов симметрии для конечных фигур, доведя тем самым до конца то, что не смог полностью реализовать Браве. Вопрос о приоритете в осуществлении этого вывода вскоре отпал, так как в 1890 г. был заново открыт старинный вывод Гесселя, уже решившего эту задачу в 1830 г.

До сих пор речь шла о симметрии конечных фигур, как любых геометрических вообще, так, в частности, и кристаллических многогранников. Особенности кристаллов натолкнули ученых на разработку понятий симметрии для бесконечно протяженных систем.

В середине прошлого столетия О. Браве и Л. Франкенгейм выдвинули идею о том, что внутреннее строение кристаллов соответствует пространственным решеткам.

Представим себе совокупность бесчисленного множества параллелепипедов, которые нацело заполняют пространство, будучи равными, параллельно ориентированными и смежными по целым граням. Соответственные точки таких параллелепипедов (например, их вершины или центры) и образуют пространственную решетку.

О. Браве дал полный вывод различных типов решеток, которых оказалось всего 14. Все они всецело совпали с кристаллографическими системами (сингониями). По этому поводу Е. С. Федоров писал: «Перед строгими кабинетными выводами как бы преклонилась природа, и кристаллы расположились в тех системах, которые явились необходимым математическим выводом из понятия о правильных системах точек (пространственных решеток)». <sup>8</sup> Само собой разумеется, что такие бесконечно протяженные системы, как пространственные решетки, требовали расширения прежних понятий о симметрии. В самом деле, здесь появляются новые элементы симметрии, возможные только в бесконечных системах и немислимые для конечных фигур.

Для пояснения сказанного вернемся к приведенной выше совокупности параллелепипедов, вершины которых образуют пространственную решетку. Сдвинем параллельно самим себе все параллелепипеды так, чтобы каждый из параллелепипедов занял место соседнего, прилегающего к нему параллелепипеда. В результате такого

---

<sup>8</sup> Федоров Е. С. Симметрия правильных систем фигур. — Зап. СПб. минерал. об-ва, 1891, ч. 28, с. 1—146.

сдвига (или переноса) вся система параллелепипедов, будучи бесконечной, займет в пространстве то же положение, которое она занимала и до сдвига, хотя параллелепипеды и перешли на новые места, заняв положения соседних параллелепипедов. Такая операция называется трансляцией, а характеризующий ее элемент симметрии представляет собой вектор, величина которого соответствует величине сдвига. Так появляется новый элемент, возможный только в бесконечных фигурах, — вектор трансляции (или, попросту, трансляция). В настоящее время решетки Браве трактуются как совокупности трансляций.

В 1879 г. немецкий физик Л. Зонке опубликовал свое «Развитие теории кристаллической структуры». В нем обращено большое внимание на роль винтовых осей симметрии в правильных системах точек, соответствующих, по мысли ученого, кристаллическим структурам.

Винтовая ось — это совокупность оси симметрии и параллельной ей трансляции, действующих совместно. Точки фигуры при действии такой оси двигаются по винтовым линиям. В кристаллических структурах возможны винтовые оси первого (трансляция), второго, третьего, четвертого и шестого порядков.

Задавшись целью вывести законы бесконечной симметрии для правильных систем точек, Зонке принял во внимание лишь простые и винтовые оси симметрии, не допуская возможности существования отраженно-равных фигур в своих системах. В результате им было выведено 65 групп бесконечной симметрии.

В 1885 г. была опубликована первая большая монография Е. С. Федорова «Начала учения о фигурах». Это юношеское произведение великого ученого, законченное им в период студенчества, открывает новую эпоху в развитии кристаллографии вообще и учения о симметрии в частности. В нем мы находим тот полный вывод видов конечной симметрии с учетом зеркально-поворотных осей, о котором говорилось выше.

Одна из глав этой книги посвящена выводу параллелоэдров — выпуклых многогранников, нацело заполняющих пространство при условии их равенства, параллельности ориентировки и смежности по целым граням. С помощью параллелоэдров Е. С. Федоров создал теорию кристаллического строения, послужившую впоследствии ос-



новой для его кристаллохимического анализа (см. об этом в главе VI).

В настоящее время теория параллелоэдров привлекает пристальное внимание математиков. Вот, что пишет член-корреспондент АН СССР профессор Б. Н. Делоне по поводу федоровского вывода параллелоэдров: «Традиция приписывает Платону открытие пяти правильных выпуклых многогранников, Архимеду — 13 выпуклых полуправильных многогранников, Кеплеру и Пуансо — четырех правильных невыпуклых многогранников, а Федоров нашел пять параллелоэдров».<sup>9</sup>

Кроме того, на страницах все той же своей юношеской книги «Начала учения о фигурах» Федоров отметил неполноту вывода Зонке, касающуюся законов бесконечной симметрии для правильных систем точек, и указал на необходимость учета отраженно-равных точечных группировок в правильных системах точек. Это замечание послужило в дальнейшем толчком для осуществления вывода 230 пространственных групп.

Первая монография Е. С. Федорова считается сейчас классическим произведением. Недавно она была переиздана с комментариями в серии «Классики науки», публикуемой Академией наук СССР.

А. К. Болдырев тщательнейшим образом проштудировал это сочинение еще в студенческие годы и всю жизнь находился под влиянием его идей. Впоследствии своим ученикам и аспирантам он всегда рекомендовал изучать книгу своего великого наставника.

Не меньшее впечатление произвел на студента Болдырева и цикл работ Е. С. Федорова, которому сам автор дал обобщающее название «Начала анализа симметрии». В этом цикле, не ограничиваясь чисто геометрической интерпретацией законов симметрии, Федоров переходит к аналитическим характеристикам каждого из них. В работе «Симметрия конечных фигур» (1889 г.) он придает алгебраические выражения всем совокупностям элементов симметрии в конечных фигурах. Полностью завершив вывод видов симметрии для конечных фигур и истерпывающе охарактеризовав их с помощью алгебраических уравнений, ученый обращается далее к выводу и харак-

---

<sup>9</sup> Делоне Б. Н. Е. С. Федоров как геометр. — Тр. Ин-та истории естествозн. и техн., 1956, т. 10, с. 12.

теристике совокупностей элементов симметрии для бесконечных правильных систем точек и фигур.

Полученные результаты составляют содержание его прославленной работы «Симметрия правильных систем фигур» (1890 г.). В ней мы находим 230 геометрических законов симметрии, которым подчиняются правильные системы точек. Каждый такой закон характеризуется наличием определенных элементов симметрии. Помимо элементов конечной симметрии, здесь добавляются трансляции, винтовые оси и плоскости скользящего отражения (совокупности плоскостей симметрии и трансляций, действующих совместно).

Все значение этого замечательного вывода выяснилось лишь через двадцать с лишним лет, т. е. в 1912 г., после открытия М. Лауэ дифракции рентгеновских лучей в кристаллах и появления первых расшифровок реальных кристаллических структур, полученных У. Г. Брэггом и У. Л. Брэггом (1913 г.) с помощью рентгеноанализа. Ознакомившись с результатами расшифровок, Е. С. Федоров сразу же указал, что все без исключения кристаллические структуры, как уже расшифрованные, так и те, которые будут изучены в дальнейшем, должны неминуемо подчиняться тем или иным из 230 геометрических законов, выведенных им в 1890 г.<sup>10</sup>

Таково было поистине триумфальное развитие учения о симметрии с ее конечным результатом — гениальным выводом 230 пространственных групп.

В 1907 г., когда А. К. Болдырев выступил со своим сочинением, еще не было экспериментального подтверждения реальности федоровских законов. Однако сам их вывод, подтвержденный в 1891 г. немецким математиком А. Шенфлисом, являлся как бы последним завершающим словом в области учения о симметрии. Что же нового сумел внести молодой автор в казалось бы полностью безупречно скомпанованное и изумительное по стройности здание теоретической симметрии?

Свой трактат А. К. Болдырев открывает приведенным выше определением симметрической фигуры по О. Браве. Далее он обращает внимание на пропуск в этом опреде-

---

<sup>10</sup> Федоров Е. С. Первое констатирование опытным путем асимморфной правильной системы. — Зап. Горн. ин-та, 1914, т. 5, с. 54—56.

лении элемента симметрии, соответствующего инверсионной, или зеркально-поворотной, оси, упоминаемой в трудах И. Ф. Х. Гесселя, А. В. Гадолина, Е. С. Федорова, П. Кюри.

Ясно, что определение симметричной фигуры по Браве страдает неполнотой и не выдерживает критики. Юный автор обращается к «наиболее строгим исследователям симметрии» — Е. С. Федорову и А. Шенфлису — и приводит принятые ими определения симметричных фигур. Вот как формулирует эти определения сам Болдырев: «Определение Федорова—Шенфлиса. Симметричными фигурами называются: 1) фигуры, которые совмещаются более чем одним способом с конгруэнтными себе (т. е. совместимо-равными, — *И. Ш.*, *В. А.*) фигурами; 2) фигуры, которые совмещаются с зеркально-равными себе фигурами».<sup>11</sup> Приведя это определение, он отмечает его неудовлетворительность с точки зрения логики.

В самом деле, в приведенном определении не выделяются существенные признаки, общие всем определенным фигурам, а только перечисляются фигуры, входящие в объем этого понятия. «Такое определение, — заключает автор, — не дает уверенности в том, что оно исчерпывает весь объем определенного понятия».<sup>12</sup> Таким образом, это определение по сути дела не строже, чем определение Браве.

Стремясь ликвидировать двойственность определения Федорова—Шенфлиса, где порознь рассматриваются совместимо-равные и зеркально-равные фигуры, Болдырев обратил внимание на работу известного русского кристаллографа Г. В. Вульфа (1863—1925) «О плоскости симметрии как об основном элементе симметрии» (1895—1896 гг.).

Г. В. Вульфа, так же как и А. К. Болдырева, не удовлетворяли существовавшие определения симметричных фигур. Он писал: «Разбирая определение симметрии в том виде, как оно выработалось совместным усилием современных кристаллографов, нельзя не прийти к заключению, что оно не имеет единства и что это единство весьма просто достигается, если принять за основной эле-

---

<sup>11</sup> Болдырев А. К. Основы..., с. 323.

<sup>12</sup> Там же.

мент симметрии плоскость симметрии».<sup>13</sup> В самом деле, двукратное отражение в двух пересекающихся зеркалах можно, как известно, заменить одним поворотом вокруг оси, лежащей на их пересечении. Действие трех пересекающихся в одной точке зеркальных плоскостей эквивалентно действию одной зеркально-поворотной, или инверсионной, оси. «Таким образом, — пишет Вульф, — является возможность все случаи симметрии весьма просто свести на плоскость симметрии. Этим достигается цельность определения симметрии. Мы приходим к заключению, что симметрия есть следствие отражения в одной или нескольких зеркальных плоскостях (плоскостях симметрии), действующих порознь, попарно и по три».<sup>14</sup>

А. К. Болдырев принял во внимание этот вывод Г. В. Вульфа и, как увидим далее, существенно развил и обобщил его. Однако, признавая логическую правильность вульфовского определения, он все же считал его «несколько искусственным» и заменил гораздо более простыми и наглядными понятиями. Он писал: «Изучая фигуры конгруэнтные и зеркально-равные одной и той же данной фигуре, я нашел, что они обладают таким общим свойством: расстояние между двумя какими угодно точками данной фигуры равно расстоянию между соответственными точками как конгруэнтных, так и зеркально-равных фигур. Это общее свойство я считаю существенным признаком охватывающего понятия „симметричные друг другу фигуры“».<sup>15</sup> Исходя из этого «общего признака», А. К. Болдырев дал свое определение: «Фигурами, симметричными друг другу, называются такие, для которых расстояние между двумя любыми точками в одной фигуре равно расстоянию между соответственными точками в другой».<sup>16</sup>

Штудирова старинную литературу, он нашел, что аналогичное определение дал в 1851 г. немецкий геометр А. Ф. Мебиус (1790—1868), но применил его, однако, к равным фигурам.

---

<sup>13</sup> Вульф Г. В. О плоскости симметрии как об основном элементе симметрии. — Тр. Варшавск. об-ва естествоиспыт., 1895—1896, № 6, с. 1—12.

<sup>14</sup> Там же, с. 8.

<sup>15</sup> Болдырев А. К. Основы..., с. 325.

<sup>16</sup> Там же, с. 325, 326.

Нам уже известно (см. с. 88), что в основе представления о симметричных фигурах лежит понятие о равных частях. Поэтому сейчас мы, следуя Мебиусу, относим определение Болдырева к равным фигурам или к равным частям симметричных фигур. То, что мы называем в настоящее время «симметричной фигурой» (фигурой, состоящей из нескольких закономерно повторяющихся равных частей), Анатолий Капитонович именовал «само-симметричной фигурой». Дальнейшее упрощение болдыревской терминологии («равные фигуры» вместо «симметричных фигур» и «симметричные фигуры» вместо «самосимметричных фигур») позволило талантливому ученику А. К. Болдырева профессору В. В. Доливо-Добровольскому с исключительной простотой и ясностью изложить выводы своего учителя в известном «Курсе кристаллографии» (1937 г.). Само собой разумеется, что замена терминов для упрощения общих понятий отнюдь не коснулась идей замечательной работы А. К. Болдырева.

Устранив двойственность в определении симметричных фигур, А. К. Болдырев перешел к сущности своего исследования. На первом месте у него стояла задача — дать исчерпывающий вывод всех возможных элементов симметрии. В самом деле, до этого не было полной уверенности в том, что перечисленные выше элементы симметрии — оси, простые и инверсионные (к последним относятся и центр, и плоскость симметрии), трансляции, винтовые оси, плоскости скользящего отражения — исчерпывают все мыслимые случаи возможных элементов симметрии и связанных с ними симметричных преобразований. «Поэтому, — пишет А. К. Болдырев, — отыскание симметрических преобразований для всех возможных случаев двух взаимно симметричных (равных, — *И. Ш., В. А.*) систем и всестороннее изучение этих преобразований составляет первую задачу геометрического учения о симметрии».<sup>17</sup>

Этой задаче и посвящена его работа. Написана она в строго выдержанном геометрическом стиле. Мы находим в ней выделенные в отдельные параграфы теоремы, леммы, следствия, определения и т. д. И всюду, в основе всех рассуждений, лежит сформулированное автором понятие о симметричных (равных) системах точек (фигур).

<sup>17</sup> Там же, с. 330.

На первых же страницах основного текста находится знаменитая теорема, хорошо известная ныне под названием «теоремы Болдырева». Приведем полностью ее авторскую формулировку.

**Т е о р е м а.** Какие бы ни были даны две взаимно симметричные системы точек, всегда возможно перейти от точек одной системы к соответственным им точкам другой, отражая первые точки последовательно: 1) или в некоторых трех плоскостях, 2) или в некоторых четырех плоскостях». <sup>18</sup>

Эта теорема основывается на следующем положении, известном из геометрии: если четыре точки (не лежащие в одной плоскости) одной из двух равных фигур совпадают с четырьмя соответственными точками второй фигуры, то обе фигуры совпадают полностью всеми своими соответственными точками.

Сущность доказательства теоремы состоит в том, что последовательными отражениями в зеркальных плоскостях мы заставляем точки первой фигуры совмещаться с соответственными точками второй фигуры. Ясно, что после четырехкратного отражения четыре точки первой фигуры совпадут с четырьмя соответственными точками второй фигуры, а тем самым обе равные фигуры полностью совместятся.

Напомним, что Г. В. Вульф писал о совмещении двух равных конечных фигур путем отражений в одной, двух или трех плоскостях. Аналогичное положение сформулировал в 1896 г. и итальянский кристаллограф Г. Виола. Однако, как справедливо отметил Болдырев, «для общего случая он не дал достаточно точного решения». <sup>19</sup>

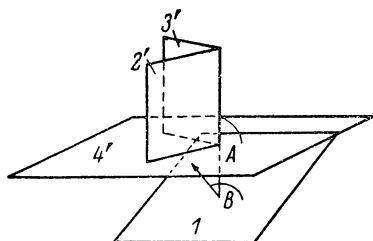
Исчерпывающее решение задачи принадлежит, как мы видим, самому Болдыреву. Он не ограничился случаями конечной симметрии, а распространил свой вывод на все без исключения системы точек (фигуры), как конечные, так и бесконечные. Итак, две равные (симметричные по Болдыреву) фигуры всегда можно совместить путем отражений в четырех, трех или (в частных случаях) в двух и одной зеркальных плоскостях. Остается рассмотреть по отдельности все эти случаи и по возможности заменить сложные операции отражений в несколь-

---

<sup>18</sup> Там же, с. 336.

<sup>19</sup> Там же.

*Рисунок к теореме о замене последовательного отражения системы точек в четырех плоскостях винтовой осью симметрии. «Основы геометрического учения о симметрии». 1907 г.*



ких плоскостях более простыми симметрическими преобразованиями.

Ясно, что отражению в одной плоскости соответствует элемент симметрии в виде плоскости симметрии.

Последовательное отражение фигуры в двух плоскостях, пересекающихся под углом  $\alpha$ , можно заменить поворотом вокруг линии их пересечения на угол  $2\alpha$ .<sup>20</sup> Упомянутая линия пересечения в симметричной фигуре соответствует оси симметрии. Последовательное отражение фигуры в двух параллельных плоскостях, отстоящих друг от друга на расстояние  $a$ , заменяется поступательным перемещением вдоль перпендикуляра к этим плоскостям на расстояние  $2a$ .<sup>21</sup> Такая операция симметрии возможна лишь для бесконечно-протяженных систем точек. Соответствующий ей элемент симметрии является вектором переноса (трансляцией).

«Последовательное отражение системы точек в трех произвольных плоскостях можно заменить без изменения результатов поворотом всей системы вокруг некоторой оси на некоторый угол и произведенным вслед за тем отражением в плоскости, перпендикулярной к той же оси».<sup>22</sup>

Элементом симметрии, соответствующим данной операции, является зеркально-поворотная ось. Впоследствии В. В. Доливо-Добровольский показал, что та же совокупность отражений может быть заменена действием инверсионной оси. Как отмечалось выше, инверсионные и зеркально-поворотные оси дублируют друг друга. В частном случае при наличии двух параллельных плоскостей, пер-

<sup>20</sup> Там же, с. 341, 342.

<sup>21</sup> Там же, с. 343.

<sup>22</sup> Там же, с. 348.

пендикулярных третьей, выводится плоскость скользящего отражения, действие которой состоит из отражения и последующего поступания вдоль плоскости отражения. Само собой разумеется, что такой элемент симметрии, содержащий трансляцию, возможен лишь для бесконечных систем точек. «Последовательное отражение системы точек в четырех каких угодно плоскостях можно заменить без изменения результатов поворотом всей системы вокруг некоторой оси на некоторый угол и произведенным вслед за тем поступательным перемещением вдоль той же оси».<sup>23</sup> Такое преобразование называется «винтовым преобразованием», а соответствующий ему элемент симметрии является «винтовой осью симметрии», реализующейся в бесконечных системах точек.

Беглый обзор работы А. К. Болдырева дает представление о ходе вывода элементов симметрии. Сам автор, резюмируя результаты своего вывода, разделяет элементы конечной симметрии на два ряда: 1) бесконечный ряд осей симметрии (с наименованиями от единицы до бесконечности); 2) бесконечный ряд осей сложной симметрии (к нему относятся все инверсионные, или зеркально-поворотные, оси; центр инверсии является инверсионной осью первого порядка или зеркально-поворотной осью второго порядка; плоскость симметрии соответствует инверсионной оси второго порядка или зеркально-поворотной оси первого порядка).

В то время, однако, по установившейся традиции, признавались лишь сложные оси четного наименования. Впоследствии, в 1923 г., А. К. Болдырев опубликовал специальную статью, где доказал возможность существования зеркально-поворотных, а тем самым и инверсионных осей симметрии нечетных порядков.<sup>24</sup>

В настоящее время существование этих осей хорошо известно каждому студенту, проходящему элементарную кристаллографию (инверсионная ось нечетного наименования совпадает с простой осью того же порядка при наличии центра инверсии; зеркально-поворотная ось нечетного наименования совпадает с простой осью того же

---

<sup>23</sup> Там же, с. 352.

<sup>24</sup> Болдырев А. К. Существуют ли зеркально-поворотные оси (оси сложной симметрии) нечетного наименования. — Зап. ВМО, 1923, ч. 51, с. 397—414.



наименования при наличии плоскости симметрии, перпендикулярной данной оси).

Переходя к бесконечной симметрии, мы находим у Болдырева бесконечный ряд винтовых осей. При угле поворота, равном нулю, преобразование сводится к простому поступанию вдоль оси. Следовательно, винтовая ось первого порядка соответствует трансляции. В том случае, если поступание вдоль винтовой оси равно нулю, винтовая ось превращается в простую поворотную ось симметрии (тем самым последняя может рассматриваться как частный случай винтовой оси).

Добавив к перечисленным элементам симметрии плоскость скользящего отражения, мы получим полный набор известных нам элементов, найденных уже не путем простого перечисления, а в результате непогрешимо строгого вывода.

Не ограничиваясь выводом элементов симметрии, А. К. Болдырев сформулировал правила для их отыскания, а также привел ряд теорем, относящихся к их сложению. При этом существенную роль, значительно облегчающую выводы, играл открытый молодым автором «способ вращения пар плоскостей вокруг прямой их пересечения». «Результат последовательного отражения в двух пересекающихся плоскостях, — писал Болдырев, — не изменится, если повернуть на произвольный угол обе плоскости отражения вокруг прямой их пересечения, сохраняя между ними прежний угол и прежний порядок отражения».<sup>25</sup>

В конце трактата подводятся итоги проделанной работы: «Мы выделили ряд симметрических преобразований... и назвали его рядом элементов симметрии. Мы изучили свойства этих элементов симметрии. Мы дали способы для нахождения по паре данных взаимно симметричных систем соответствующего им элемента симметрии. **Заключение.** Следовательно, мы разрешили первую задачу геометрического учения о симметрии».<sup>26</sup>

Вывод элементов симметрии по А. К. Болдыреву получил впоследствии широкую известность. Вкратце его основные теоремы повторены в знаменитом учебнике кристаллографии самого автора. Как уже отмечалось

---

<sup>25</sup> Болдырев А. К. Основы..., с. 344.

<sup>26</sup> Там же, с. 415.

выше, развернутое и чрезвычайно наглядное изложение этого вывода дал блестящий ученик Болдырева профессор В. В. Доливо-Добровольский в своем «Курсе кристаллографии» (1937 г.). В настоящее время понятие о выводе элементов симметрии входит, как правило, в элементарные учебники кристаллографии.

Первая работа Болдырева сыграла большую роль не только в развитии классической симметрии. Она послужила толчком и для возникновения новых идей, существенно расширивших область учения о симметрии.

В 1925 г. академик Д. В. Наливкин, исходя из определения Анатолия Капитоновича, требовавшего сохранения расстояний между двумя точками во взаимно симметричных фигурах, выдвинул понятие о криволинейной симметрии. Последняя характеризуется наличием криволинейных элементов симметрии, изогнутых осей и искривленных плоскостей. Ясно, что в повторяющихся частях таких фигур равенство между соответственными точками не сохраняется. Будучи геологом и палеонтологом, Д. В. Наливкин особенно подчеркивал значение криволинейной симметрии для характеристики палеонтологических объектов. «Прямолинейная симметрия, — писал он, — распространена главным образом в неорганическом мире, а криволинейная — в органическом».<sup>27</sup> Однако, наиболее ярко проявляясь в органическом мире, криволинейная симметрия имеет универсальное значение и реализуется всюду, где формирование тела связано с достаточно интенсивным движением.

А. К. Болдырев в свое время высоко оценил новое понятие о симметрии тел относительно криволинейных поверхностей и линий, назвав его «талантливым и важным обобщением».<sup>28</sup>

В 1951 г. выдающийся ученик Анатолия Капитоновича В. И. Михеев создал учение о гомологии кристаллов.

---

<sup>27</sup> Наливкин Д. В. Элементы симметрии органического мира. — Изв. Биол. НИИ и Биол. ст. при Пермск. гос. ун-те, 1925, т. 3, вып. 8, с. 291—297; Криволинейная симметрия. — В кн.: Кристаллография. М., Гос. научно-техн. изд-во лит. по черн. и цветн. металл., 1951, с. 16 (Тр. Федоровск. научн. сессии, 1949).

<sup>28</sup> Болдырев А. К. Обзор работ по кристаллографии в СССР за десятилетие, с 1917 по 1927 г. — Зап. ВМО, 1928, ч. 57, вып. 2, с. 164.

Гомология есть однозначное соответствие между фигурами, при котором соответственные части фигур однородны, но в общем случае не равны. Тем самым симметрия является лишь частным случаем гомологии, когда соответственные части фигур равны между собой. К элементам классической симметрии, выведенным в работе А. К. Болдырева, В. И. Михеев добавил элементы гомологичности. Плоскость гомологичности представляет собой плоскость косого отражения. Ось гомологичности отвечает прямой, посредством которой производится косой, круговой или эллипсоидальный поворот. Таким образом, элементы классической симметрии представляют собой частные случаи элементов гомологичности, а сама классическая симметрия становится частным разделом гомологии.<sup>29</sup>

Работы В. И. Михеева, открывшие новые горизонты в учении о симметрии, имеют вместе с тем и большое практическое значение; они позволяют детально расшифровывать рентгенограммы кристаллов и тем самым глубоко вникать в закономерности их внутреннего строения.

На примерах работ Д. В. Наливкина и В. И. Михеева мы видим, как безгранично расширился путь учения о симметрии, четко намеченный в первой работе А. К. Болдырева. Вместе с тем мы должны также помнить, что именно эта юношеская работа Болдырева послужила истоком для самых широких и плодотворных геометрических обобщений.

---

<sup>29</sup> Михеев В. И. Гомология кристаллов. Л., Гостоптехиздат, 1961, 208 с.

### Метод кристаллографического диагноза и «Определитель кристаллов»

К началу 20-х годов относится разработка А. К. Болдыревым нового метода кристаллографического диагноза вещества, представляющего собой одну из вершин его научного творчества. Впоследствии эта идея была реализована в виде двух солидных томов «Определителя кристаллов», о которых более подробно пойдет речь ниже. Супруга ученого — Анна Михайловна Болдырева — вспоминала впоследствии о солнечных днях 1923 г., когда Анатолий Капитонович, отдыхавший на родине в г. Грайвороне, сидя в саду под сенью цветущих вишневых деревьев, с увлечением начал писать большую статью, в которой подробно излагались основные принципы разработанного им нового метода. Эта статья под названием «Принципы нового метода кристаллографического диагноза вещества» была опубликована на страницах Записок Минералогического общества в 1924 г.<sup>1</sup> В конце стоит дата ее окончания: «6-го августа 1923 года. Грайворон — Ленинград».

Для того чтобы понять и оценить сущность болдыревского метода, нам придется вспомнить несколько наиболее важных моментов из истории науки о кристаллах.

Более 300 лет тому назад, в 1669 г., выдающийся датский натуралист Николай Стенон (1638—1686) издал во Флоренции небольшой трактат «О твердом, естественно содержащемся в твердом». Год выхода в свет этой небольшой книжечки, представляющей собой нечто вроде современного автореферата к диссертации, считается по всей справедливости годом рождения кристаллографии. В са-

---

<sup>1</sup> Ч. 53, вып. 2, с. 251—342.

мом конце своего сочинения, в пояснениях к рисункам, Стенон впервые сформулировал закон постоянства углов для кристаллов горного хрусталя. Он писал: «Я мог бы привести большое количество (рисунков, — *И. Ш., В. А.*) для доказательства того, что на плоскости число и длина сторон кристалла (горного хрусталя, — *И. Ш., В. А.*) поразному изменяются без изменения углов».<sup>2</sup> Скромное место, отведенное закону самим его первооткрывателем, привело к тому, что долгое время приведенная цитата не обращала на себя внимания; в старинном французском переводе текст пояснений к рисункам был даже сокращен. Свой закон Стенон открыл, обрисовывая на бумаге графитовым карандашом (только что появившимся тогда) контуры кристаллов. О том, что ученый распространял свое открытие и на кристаллы других веществ, свидетельствуют его зарисовки кристаллов гематита с точным соблюдением на изображениях угловых величин.

Впоследствии, не подозревая о приоритете Стенона, ученые заново открывали закон постоянства углов на кристаллах различных минералов (Э. Бартолин — на исландском шпате, А. Левенгук — на гипсе и т. д.). Саксонский минералог И. Ф. Генкель (1679—1744), руководивший занятиями студента М. В. Ломоносова во Фрейберге, судя по следующей красноречивой цитате, имел уже ясное представление о законе постоянства углов. «Природа, — писал он, — в своих сочетаниях и смешениях раз и навсегда соизволила избрать связь, структуру и внешнее строение веществ согласно их свойству и соответственно внешним условиям и обстоятельствам. От этого принятого правила она уже не отступает, а ставит циркуль и отмеряет углы, раз и навсегда установленные для разных веществ».<sup>3</sup>

Очевидно под влиянием этого высказывания М. В. Ломоносов стремился тщательно измерять углы на кристаллах. Однако он не ограничивался этим, а пытался связать закон постоянства углов с внутренним строением кристаллов. В 1749 г., придя к мысли о том, что корпускулы, слагающие кристаллы селитры, имеют форму шаров, распо-

<sup>2</sup> Стенон Николай. О твердом, естественно содержащемся в твердом, М.—Л., Изд-во АН СССР, 1957, с. 66.

<sup>3</sup> Шафрановский И. И. Николай Стенон (Нильс Стенсен) — кристаллограф, геолог, палеонтолог, анатом. Л., «Наука», 1972, с. 98.

ложенных плотнейшим образом, он писал: «Углы кристаллов селитры соответствуют предполагаемому расположению частиц, так как обычно каждый из них составляет  $120^\circ$ ».<sup>4</sup>

В конце XVIII столетия французский кристаллограф Ж. Б. Ромэ-Делиль (1736—1790) доказал справедливость закона постоянства углов для всех известных тогда веществ и тем самым, по словам академика В. И. Вернадского, «дал исходную точку всего современного развития кристаллографии».<sup>5</sup> Приведем формулировку закона, помещенную Ромэ-Делилем в его книге «Кристаллография, или Описание форм, свойственных всем телам минерального царства, в виде солей, камней и металлов» (1783 г.): «Грани кристалла могут изменяться по своей форме и относительным размерам, но их взаимные наклонны постоянны и неизменны для данного рода кристаллов».<sup>6</sup>

В 1934 г. А. К. Болдырев в своем учебнике «Кристаллография» подчеркнул, что Ромэ-Делиль «формулировал этот закон совершенно ясно в общем виде».<sup>7</sup> Далее он добавил: «Лишь немного уточняя и изменяя для большей ясности его формулировку, мы можем выразить ее так. — В различных кристаллах одного и того же вещества величина и форма граней, их взаимное расстояние и даже их число могут изменяться, но углы между соответственными гранями и ребрами остаются при этом постоянными».<sup>8</sup> Сравнивая обе формулировки, можно лишь согласиться с А. К. Болдыревым в том, что, несмотря на свою почти двухсотлетнюю давность, определение Ромэ-Делиля потребовало в наше время лишь очень незначительных уточнений.

Попутно здесь нельзя не подчеркнуть практического значения закона Стенона—Ломоносова—Ромэ-Делиля. Измерив угловые величины исследуемого кристалла, можно путем сравнения с данными прежних измерений

<sup>4</sup> Ломоносов М. В. О рождении и природе селитры. — Собр. соч., т. 2. М.—Л., Изд-во АН СССР, 1951, с. 273.

<sup>5</sup> Вернадский В. И. Основы кристаллографии, ч. I, вып. 1. М., 1904, с. 12, 13.

<sup>6</sup> Стенон Николай. Ук. соч., с. 138.

<sup>7</sup> Болдырев А. К. Кристаллография. Изд. 3-е. Ленинград—Москва—Грозный—Новосибирск, ОНТИ НКТП СССР, 1934, с. 49, 50.

<sup>8</sup> Там же.

доказать его принадлежность к тому или иному конкретному кристаллическому веществу (например, к определенному минералу). Мало того, данные измерений дают представление и об истинной симметрии кристалла. Вот почему закон постоянства углов лег в основание всей последующей кристаллографии, как практической, так и теоретической.

Заново открытый закон Ромэ-Делиль проверил на большом числе разнородных кристаллических веществ. Измерения углов производились им с помощью прикладного гониометра, изобретенного его сотрудником Каранжо. Этот первый кристаллографический прибор представляет собой попросту транспортир с прикрепленной к нему вращающейся линеечкой. Точность отсчетов на таком незамысловатом приборе в лучшем случае достигает  $0.5^\circ$ .

В начале прошлого столетия Г. В. Волластон, а затем Э. Митчерлих предложили воспользоваться для измерений угловых величин на кристаллах отблесками от кристаллических граней. Созданные ими однокружные отражательные гониометры состоят в основном из градуированного лимба, снабженного нониусом. Изучаемый кристалл устанавливают в центре лимба и на него от источника света направляют световой луч. Вращая лимб с кристаллом, последовательно улавливают отблески — так называемые сигналы — от граней и берут при этом соответствующие отсчеты по лимбу. Разница между двумя отсчетами дает величину угла между нормальями к двум граням. Однокружный гониометр, несмотря на ряд существенных недостатков, позволяет получать отсчеты с точностью до минут.

Именно на таких гониометрах классики отечественной минералогической кристаллографии — академики Н. И. Кокшаров (1818—1892) и П. В. Еремеев (1830—1899) — получали свои непогрешимо точные результаты измерений угловых величин для кристаллов различных минералов, вошедших во все солидные справочники по минералогии.

Эти ученые были горными инженерами и профессорами Горного института (и в этом отношении они являлись прямыми предшественниками сперва Е. С. Федорова, а затем и А. К. Болдырева). Обильный минералогический материал, добывавшийся их учениками в самых

разнообразных частях России и пересылавшийся им, требовал в интересах практики систематического изучения, точного определения и четкой характеристики. Вот почему Н. И. Кокшаров и П. В. Еремеев всю свою жизнь посвятили гониометрическим измерениям и кристаллографическому описанию минералов. Результаты их исследований сводились, как правило, к составлению таблиц точных угловых величин и созданию идеализированных изображений кристаллов. И то и другое имело существенное практическое значение, так как служило в дальнейшем надежным пособием для распознавания и определения минералов.

Необходимо заметить, что работа на однокружном отражательном гониометре требовала от ученых, измерявших углы на кристаллах, огромного терпения и трудолюбия. В самом деле, при измерении угла между двумя гранями кристалл должен быть установлен на лимбе так, чтобы ребро пересечения обеих граней в точности совпадало с осью вращения лимба. В связи с этим переход от одного угла к другому при измерении был связан с перестановкой кристалла на приборе. Если принять во внимание, что каждая такая перестановка требовала точной ориентировки кристалла в новом положении, то становится понятным, сколько кропотливых и скрупулезных усилий требовала эта работа. Не даром в старых сочинениях техника измерений на однокружном гониометре сравнивалась по точности и ловкости с искусством фехтовальщика. «Кристаллоизмерению научаются с большим трудом, а чаще всего и вовсе не научаются», — писал известный немецкий минералог прошлого столетия А. Брейтгаупт.<sup>9</sup>

Полный переворот в области гониометрии произвел изобретенный Е. С. Федоровым двукружный отражательный гониометр.

21 ноября 1889 г. на заседании Минералогического общества Евграф Степанович выступил с заявлением об изобретении им нового теодолитного метода измерения кристаллов. В протоколе упомянутого заседания об этом говорится так: «Е. С. Федоров обратился к Обществу с просьбой оказать материальное и нравственное содей-

---

<sup>9</sup> Breithaupt A. Vollständiges Handbuch der Mineralogie, Bd 1. Dresden—Leipzig, 1836, S. 318.



ствие в предпринимаемом сооружении гониометра, имеющего целью ускорить и упростить манипуляции, связанные с измерением кристаллов».<sup>10</sup>

Федоровский двукружный гониометр сконструирован по принципу теодолита. Он состоит из двух градуированных лимбов: вертикального и горизонтального. Оба лимба снабжены нониусами. Вертикальный лимб вращается вокруг горизонтальной оси, соответственно горизонтальный лимб вращается вместе с вертикальным лимбом вокруг вертикальной оси. Кристалл прикрепляется в точке пересечения двух осей к особой подставке (кристаллоносу) в середине вертикального лимба. Сбоку на него направляют световой луч. Установленный таким образом кристалл вращается вокруг двух взаимно перпендикулярных осей. В результате любую из его граней можно повернуть относительно источника света так, чтобы получить от нее отблеск. В этот момент и следует с помощью нониусов брать отсчеты по обоим лимбам. Кристалл считается измеренным, если для каждой его грани был уловлен «сигнал» и взяты два отсчета: один по горизонтальному, а другой по вертикальному лимбу. Эти два отсчета соответствуют двум сферическим координатам — долготе  $\varphi$  и полярному расстоянию  $\rho$ . Полученные координаты дают точное представление о положении данной грани относительно других граней того же кристалла. Таким образом можно найти координаты  $\varphi$  и  $\rho$  для всех его граней (не измеренными останутся лишь грани, заклеенные воском или пластилином, прикрепляющим кристалл к подставке).

Работать на двукружном гониометре несравненно проще, чем на однокружном: ведь никаких перестановок кристалла здесь не требуется.

Сам Е. С. Федоров писал по этому поводу следующее: «Научиться производить точные измерения с помощью универсального гониометра так же легко, как научиться обращению с мензулой, нивелиром или теодолитом, а этому научаются, как известно, лица, не получившие не только высшего, но даже и среднего образования, например, ученики низших горных училищ».<sup>11</sup>

Появление федоровского гониометра привлекло внима-

---

<sup>10</sup> Шафрановский И. И. Евграф Степанович Федоров. М.—Л., Изд-во АН СССР, 1963, с. 115.

<sup>11</sup> Федоров Е. С. Курс кристаллографии. СПб., 1901, с. 279.

ние иностранных ученых, и в 1893 г. В. Гольдшмидт и С. Чапский предложили свои конструкции двукружного гониометра, несколько отличающиеся по оптической системе и по некоторым дополнительным деталям от федоровского.

Большие заслуги в деле широкого распространения теодолитного гониометрического метода принадлежат гейдельбергскому профессору-кристаллографу Виктору Гольдшмидту (1853—1933). Он поставил перед собой задачу: «Перевести кристаллографию и все ее достижения за почти столетнюю работу на язык астрономии (имеются в виду сферические координаты, используемые астрономами, — *И. Ш., В. А.*) и перечислить все то, что дали исследования прошлых годов, на язык двух величин —  $\phi$  и  $\rho$ ». <sup>12</sup>

Результаты этой грандиозной работы были оформлены В. Гольдшмидтом в виде капитальных «Кристаллографических таблиц», содержащих сферические координаты и другие угловые константы кристаллов минералов. <sup>13</sup> Кроме того, в течение ряда лет (1913—1924) ученый издавал свой девятитомный «Атлас кристаллографических форм» («Atlas der Kristallformen»), воспроизводивший все публиковавшиеся до тех пор изображения кристаллов минералов. Сам составитель «Атласа» характеризовал свою работу, как «орудие для развития нашей великой науки — кристаллографии». <sup>14</sup> И действительно, оба упомянутых труда представляют собой незаменимые пособия при работе с кристаллами минералов. Представим себе такой случай. В результате полевых геологических работ был найден природный кристалл, внешне напоминающий некий определенный минерал, но требующий, однако, более точного определения. Для решения этой задачи до появления рентгеноструктурного анализа путь был единственным: следовало измерить кристалл на двукружном гониометре и сравнить полученные данные с соответственными угловыми величинами предполагаемого минерала, приведенными в «Таблицах» В. Гольдшмидта. При совпадении измеренных и гольдшмидтовских данных тождество найден-

<sup>12</sup> Ферсман А. Е. Виктор Гольдшмидт. — Зап. ВМО, 1958, ч. 87, с. 679.

<sup>13</sup> Goldschmidt V. Kristallographische Winkeltabellen. Berlin, 1897, 432 S.

<sup>14</sup> Ферсман А. Е. Виктор Гольдшмидт. — Зап. ВМО, 1958, ч. 87, с. 681.

ного минерала с предполагаемым доказано. В случае несовпадения приходится искать ответ в «Таблицах» для других подходящих минералов. Существенную помощь при решении таких задач оказывают рисунки из «Атласа», изображающие габитусные типы и разнообразные формы минеральных кристаллов.

Из сказанного уясняется и слабая сторона самого процесса определения вещества по «Таблицам» и «Атласу» Гольдшмидта. Для такого определения необходимо заранее предположить принадлежность исследуемого кристалла к тому или иному конкретному минералу и только уже затем проверять правильность сделанного предположения.

На этот существенный недостаток метода В. Гольдшмидта и методы предшествовавших ему минералогов-кристаллографов обратил внимание Е. С. Федоров. Вот что писал он по этому поводу: «Последний период истории культуры четко определил назначение специальных наук — овладеть в том или ином отношении природой и подчинить природные явления».<sup>15</sup> К числу отстающих в этом отношении научных дисциплин Е. С. Федоров относил кристаллографию. Он отмечал: «Известно, что эта наша наука играет существенную роль как основная дисциплина среди минералогических наук и той части горного искусства, назначением которой является использование естественного сырья. Какой же раздел кристаллографии при этом имеется в виду? ... Как видно из самого названия науки, кристаллография изучает внешние формы кристаллов. И действительно, наибольшие усилия специалистов этой науки на протяжении всей ее продолжительной истории были посвящены исключительно этому разделу и, нужно признать, с результатами, не соответствующими затраченным силам.

Число кристаллографических работ, посвященных в первую очередь описанию форм кристаллов различных веществ, колоссально. Очень часто случалось, что некоторые вещества были исследованы многими, иногда даже очень многими исследователями.

Можно было ожидать, что хорошо изученное вещество, дающее хорошие кристаллы, легко определить по форме

---

<sup>15</sup> Федоров Е. С. Введение к таблицам для кристаллохимического анализа «Царство кристаллов». — В кн.: Кристаллография, вып. 3. Л., Изд-во ЛГУ, 1955, с. 5.

кристаллов. Однако, как ни странно, кристаллографы очень хорошо знают, что это не так. Колоссальная кристаллографическая литература может прийти на помощь в единственном случае, когда требуется ответить на вопрос: является ли данное, хорошо выкристаллизованное вещество тем самым, которое было заранее предположено... При такой колоссальной затрате сил, какие незначительные результаты!»<sup>16</sup>

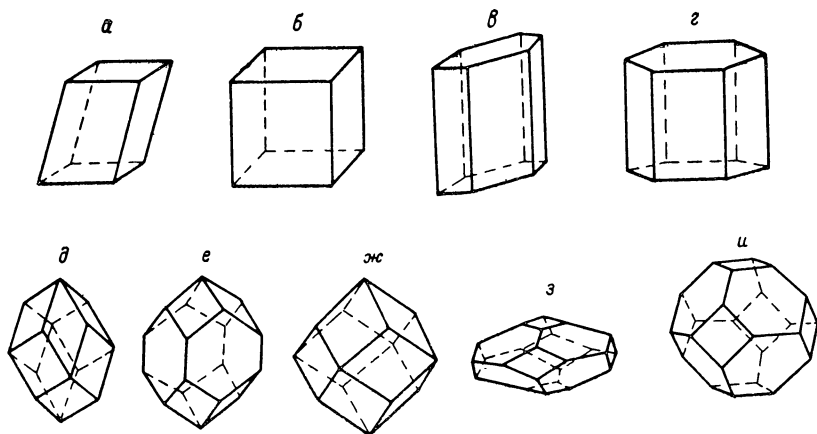
Учитывая сказанное, Е. С. Федоров впервые в истории науки о кристаллах разработал метод кристаллохимического анализа, позволяющий определить вещество по внешней форме кристаллов. Такое определение должно было проводиться строго научно, без всяких предварительных предположений о принадлежности кристалла к тому или иному минералу или искусственному продукту. Мало того, при разработке своего метода ученый не ограничился одной только задачей определения вещества. В итоге кристаллохимического анализа, на основе гониометрических данных, он пытался получить схематические представления о внутреннем строении кристалла или, точнее, о типе его пространственной решетки.

В основу своего метода Е. С. Федоров положил, с одной стороны, закон постоянства углов, а с другой — свою собственную теорию кристаллического строения, базирующуюся на уже упоминавшемся ранее учении о параллелоэдрах.

Четыре идеальных параллелоэдра соответствуют кубу (идеальный трипараллелоэдр), ромбододекаэдру (идеальный гексапараллелоэдр), кубооктаэдру (идеальный гептапараллелоэдр) и гексагональной призме с пинакоидом (идеальный тетрапараллелоэдр). Все остальные параллелоэдры выводятся из идеальных путем однородных деформаций — сдвигов и растяжений. Приписывая молекулам в кристаллах определенные участки, соответствующие по форме параллелоэдрам, и принимая во внимание их центры тяжести, Е. С. Федоров вывел четыре типа пространственных решеток — гексаэдрический (примитивный для трипараллелоэдров), додекаэдрический (центрогранный для гексапараллелоэдров), октаэдрический (объемно-центрированный — для гептапараллелоэдров) и призматический (гексагональный — для тетрапараллелоэдров); на-

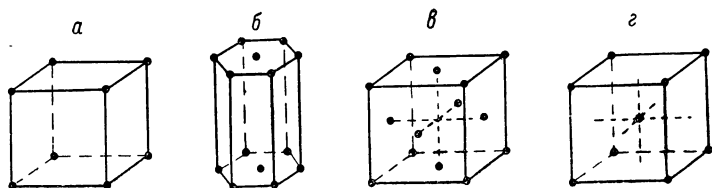
---

<sup>16</sup> Там же, с. 5, 6.



Параллеледры Федорова из книги А. К. Болдырева «Кристаллография». 1934 г.

Трипараллеледр: а — общий случай, б — наиболее симметричный (куб). Тетрапараллеледр: е — общий случай, г — наиболее симметричный (гексагональная призма с пинакоидом). Гексапараллеледр: д — общий случай, е — удлиненный, ж — наиболее симметричный (ромбододекаэдр). Гептапараллеледр: з — общий случай, и — наиболее симметричный (особый кубооктаэдр).



Структурные решетки по Е. С. Федорову из книги А. К. Болдырева «Кристаллография». 1934 г.

а — гексаэдрическая (по простому кубу), б — призматическая (по гексагональной призме с пинакоидом), в — додекаэдрическая (по центрогранному кубу), г — октаэдрическая (по центрированному кубу).

звания решеток, приведенные в скобках, даны в современной терминологии.

Исходя из своей теории кристаллической структуры, Федоров сформулировал знаменитый закон кристаллографических пределов: царство кристаллов подразделяется на два типа — кубический и гексагональный. Для того чтобы понять этот закон, вспомним, что три идеальных

параллелоэдра — куб, ромбододекаэдр и кубооктаэдр — принадлежат к кубической сингонии, а четвертый — гексагональная призма с пинакоидом — относится к гексагональной сингонии. Ясно, что выводящиеся из них параллелоэдры и решетки средних и низших сингоний в той или иной мере приближаются к их кубическим и гексагональным преобразованиям.

Чтобы по внешнему ограничению кристаллов определять тип его решетчатой структуры, Е. С. Федоров предлагает принимать во внимание статистические данные по развитию и частоте встречаемости кристаллических граней того или иного вещества. Наличие наиболее крупных и частых граней связывалось им с внутренним строением вещества. При этом ученый основывался на известной гипотезе Браве, согласно которой важнейшие грани кристалла имеют наибольшую плотность сеток в его структуре.

Кристаллы, принадлежащие трем идеальным кубическим решеткам, должны различаться своими важнейшими гранями. В простой кубической решетке наиболее плотными сетками являются сетки куба  $\{100\}$ , в центрированной — сетки ромбододекаэдра  $\{110\}$ , в центрогранной — сетки октаэдра или тетраэдра  $\{111\}$ . Следовательно, и на соответственных кристаллических многогранниках должны преобладать либо грани куба, либо грани ромбододекаэдра, либо грани октаэдра или тетраэдра. В кристаллах средних и низших сингоний, строение которых отвечает результатам деформации трех идеальных кубических решеток, во внешнем ограничении первенствующую роль играют формы, являющиеся аналогами трех вышеупомянутых форм с соответствующими символами  $\{100\}$ ,  $\{110\}$ ,  $\{111\}$ . Гексагональная решетка с выводящимися из нее симметричными решетчатыми системами стоит особняком как в отношении порядка плотности сеток, так и в отношении развития важнейших граней.

Таким образом, по внешнему ограничению кристаллов можно с известной долей вероятности предугадать и тип их структуры (вернее, федоровской пространственной решетки).

После всего сказанного становятся понятными те операции, которые (по порядку) должен выполнить исследователь, работающий по федоровскому методу кристаллохимического анализа.

1. Прежде всего кристалл (или лучше несколько кристаллов того же вещества) измеряется на двукружном гониометре и тем самым находятся сферические координаты его граней.

2. По найденным сферическим координатам на специальную стереографическую сетку (сетки Е. С. Федорова, Г. В. Вульфа, А. К. Болдырева) наносятся проекции граней в виде точек (гностереографических проекций). Упомянутые сетки дают с точностью до  $0.5^\circ$  представление о величинах измеренных углов.

3. На проекции проводятся дуги больших кругов — пояса, на которых лежат проекции граней, пересекающихся в параллельных ребрах.

4. Выделяются те пояса, на которых углы между гранями приближаются к  $90$  или  $120^\circ$  (для этого в моноклинных и триклинных кристаллах на сетке производятся дополнительные графические операции, соответствующие сдвигам). Наличие таких поясов позволяет судить о принадлежности кристалла к кубическому или гексагональному типу.

5. Просматривается по возможности большее число кристаллов данного вещества и определяется статистический порядок различных граней по частоте встречаемости и степени развития, что должно выявить зависимость форм от плотностей сеток, т. е. от структуры (в случае наличия только одного или двух кристаллов учитывается относительная величина граней).

6. Кристаллу придается несколько возможных установок, отвечающих тому или иному (из четырех) типу федоровских решеток, наиболее подходящих к данному случаю.

7. По специальным таблицам (таблицы Д. Н. Артемьева и В. И. Соколова, таблицы О. М. Аншелеса) вычисляются теоретические плотности сеток имеющих граней для каждой из упомянутых установок и решеток.

8. За «правильную» установку принимается та, при которой теоретический порядок граней по вычисленным плотностям сеток наиболее близко совпадает с реальным порядком частоты встречаемости и степени развития граней (для достижения однозначности установки применяются некоторые условные правила).

9. По сетке с нанесенными проекциями граней отсчитываются некоторые угловые величины, показывающие

в основном отклонения изучаемых кристаллов от идеального кубического или гексагонального типа. Эти величины, объединенные в виде совокупности углов по определенной схеме, называются «символом комплекса».

10. В специальных таблицах по кристаллохимическому анализу отыскивается вещество, обладающее аналогичным символом комплекса, с которым и отождествляется вещество исследуемого кристалла.

Ниже мы остановимся на некоторых критических замечаниях, высказанных позднее некоторыми авторами, в том числе и А. К. Болдыревым, относительно отдельных деталей кристаллохимического анализа. Думается, что и читатель, ознакомившийся с приведенным выше перечнем операций, необходимых для определения вещества по федоровскому методу, поймет достаточную его сложность и трудность для повседневного практического использования.

Вместе с тем нельзя не оценить всей грандиозности и величия федоровских идей, нашедших воплощение в этом труде. Ведь, помимо определения вещества, кристаллохимический анализ давал возможность хотя бы косвенным путем и весьма приближенно судить по внешней форме кристалла об особенностях его внутреннего, решетчатого, строения. До появления рентгеноструктурного анализа (1912—1913 гг.) это был единственно возможный путь проникновения в структуру окристаллизованного вещества.

Гигантская работа Е. С. Федорова и его ближайших сотрудников по созданию и завершению кристаллохимического анализа длилась десятки лет. Результаты этой работы оформлены в виде огромного тома (1124 с.), носящего горделивое название «Das Kristallreich» («Царство кристаллов»).<sup>17</sup> В нем, помимо Введения, содержатся таблицы для определения по методу кристаллохимического анализа всех известных в то время окристаллизованных веществ, как минералов, так и искусственных соединений. Таблицы дополняет обширный атлас с многочисленными проекциями кристаллов. На обложке этого монументального труда Е. С. Федоров перечислил имена своих сотруд-

---

<sup>17</sup> Fedorov E. S. Das Kristallreich. Tabellen zur Kristallochemischen Analyse. Unter Mitwirkung von D. Artemiev, Th. Barker, B. Orelkin und W. Sokolov. Mit. Atlas. — Зап. АН по физ.-мат. отд., 1920, т. 36, LXXIV+1050 с.; атлас 213 табл. л.



ников, помогавших ему в работе. Среди них мы не находим фамилии его самого блестящего и преданного ученика — А. К. Болдырева. Это и понятно; участвовать в работе он не мог, так как пребывал в это время в царской ссылке и на военной службе; с последней он вернулся в Горный институт лишь в 1917 г.

«Царство кристаллов» — последний огромный труд гениального Федорова, в котором подведены итоги его многолетних творческих достижений, — вышло в свет в 1920 г., через год после смерти своего создателя. Длительная задержка с его изданием была вызвана начавшейся в 1914 г. первой мировой войной. Это промедление отрицательно сказалось и на последующем распространении федоровского метода. Решающую роль, однако, сыграло и то обстоятельство, что косвенное определение типа решетки по формам кристаллов уступило место прямому определению структур с помощью рентгеновских лучей.

И все же идея кристаллохимического анализа об определении вещества по его внешнему кристаллическому ограничению сохраняла свое значение и в дальнейшем.

После смерти своего великого учителя А. К. Болдырев возглавил федоровскую кристаллографическую школу, вдохновенно и энергично проповедуя достижения и идеи гениального русского ученого.

Глубокому анализу научного наследия Федорова посвящена обстоятельная статья Анатолия Капитоновича «Схема научных работ Е. С. Федорова. Существенные черты его работ по геометрии и геометрической кристаллографии».<sup>18</sup>

«В чем сущность, в чем главный нерв теоретико-кристаллографических работ Федорова?», — ставил вопрос автор статьи и тут же решительно отвечал: «Их главный нерв, их главное значение в том, что Федоров поставил кристаллографию прочно, неизменно и безвозвратно на точный математический, геометрический базис».<sup>19</sup>

Особенное внимание обращал А. К. Болдырев на необходимость дальнейшего продолжения и развития замечательных трудов и начинаний Е. С. Федорова. «В них, — писал Анатолий Капитонович, — рассеяно множество оригинальных идей, и можно думать, что многие из них по-

---

<sup>18</sup> Изв. Геогр. ин-та, 1921, вып. 2, с. 133.

<sup>19</sup> Там же.

служат как бы почками, из которых расцветут целые новые отрасли тех дисциплин, в которых работал Евграф Степанович».<sup>20</sup>

Пропагандируя достижения Е. С. Федорова, А. К. Болдырев стремился широко популяризировать среди специалистов метод кристаллохимического анализа. С этой целью им были опубликованы в виде отдельной книги «Комментарии к работе Е. С. Федорова „Das Kristallreich“».<sup>21</sup>

Во вступительных замечаниях к «Комментариям» прежде всего подчеркивается значение федоровского метода: «Главное общенаучное значение кристаллографического диагноза (так А. К. Болдырев считал правильной называть «Кристаллохимический анализ», — И. Ш., В. А.) заключается в том, что наряду с химическим, спектральным и физико-химическим анализами он является новым методом распознавания (определения) вещества, частью самостоятельным, частью подсобным при других методах. Это важное значение созданного Е. С. Федоровым метода делает настоятельно необходимым возможно более широкое распространение знакомства с кристаллографическим диагнозом не только среди кристаллографов, но также и среди химиков, минералогов, физиков и других специалистов, имеющих дело с распознаванием вещества».<sup>22</sup> Однако такому распространению, по мнению А. К. Болдырева, препятствовали «труднодоступное изложение работ Е. С. Федорова» и затруднения, связанные с обилием «новых терминов, всякого рода новой символизации и т. п.».<sup>23</sup>

Цель «Комментариев» А. К. Болдырева — помочь специалистам преодолеть эти трудности с тем, чтобы понять и освоить теоретические основы и методику федоровского анализа. В них, в частности, неоднократно отмечалась «условность многих правил установки, даваемых Федоровым».<sup>24</sup> «Поэтому, — подчеркивал Анатолий Капитонович, — данное Е. С. Федоровым название „правильная установка“ я считаю нужным заменить более подходящим: „правильная федоровская установка“. Надежда разгадать этой установкой истинную структуру вещества едва ли может быть во всех случаях значительной. Можно

<sup>20</sup> Там же, с. 123.

<sup>21</sup> Л., Изд-во АН СССР, 1926, 72 с.

<sup>22</sup> Там же, с. 1.

<sup>23</sup> Там же, с. 1, 2.

<sup>24</sup> Там же, с. 5.

лишь сказать, что „правильная федоровская установка“ дает в руки отправной пункт для поисков действительной структуры другим, более надежным способом, каковым ныне без сомнения является рентгеноскопия кристаллов». <sup>25</sup>

Сделав эту оговорку, А. К. Болдырев подчеркивает далее все значение федоровской установки для определения вещества кристалла: — «Благодаря однозначности федоровской установки „Das Kristallreich“ является первым систематическим определителем вещества по его кристаллической форме». <sup>26</sup>

Все сказанное позволяет автору «Комментариев» закончить свои «Вступительные замечания» следующими многозначительными словами: «Это двойное значение заключительной работы Федорова столь важно для кристаллографии, что оно делает совершенно понятным, почему имя его мы ставим с именами других отошедших в вечность великих кристаллографов всех времен: наряду с именами Стенона, Роме де л'Иля, Аюи, Вейса, Миллера, Браве, Гесселя, Гадолина и Зонке». <sup>27</sup>

Дальнейшие размышления и глубокое проникновение в сущность кристаллохимического анализа натолкнули А. К. Болдырева на мысль о необходимости и возможности всемерного упрощения этого метода. Такой вывод привел ученого к идее создания собственного предельно простого метода кристаллографического диагноза. В результате и появилась его большая статья «Принципы нового метода кристаллографического диагноза вещества», упоминавшаяся в самом начале этой главы.

«Кристаллографическим диагнозом мы называем определение вещества по формам его кристаллов», — так начинает А. К. Болдырев свою программную работу. <sup>28</sup> Далее он переходит к выяснению, почему кристаллографы до сих пор почти не обращали внимания на возможность разработки такого метода. По его мнению, это объясняется прежде всего двусторонностью знаменитого закона, открытого Стеноном. В самом деле, в формулировке этого закона можно выделить два тезиса: отрицательный и утвер-

---

<sup>25</sup> Там же.

<sup>26</sup> Там же.

<sup>27</sup> Там же.

<sup>28</sup> Болдырев А. К. Принципы нового метода кристаллографического диагноза вещества. — Зап. ВМО, 1924, ч. 53, вып. 2, с. 251.

дительный. Согласно отрицательному тезису, «размеры, формы и даже присутствие или отсутствие какой-либо грани (или ребра) на разных кристаллах одного и того же вещества суть величины и явления непостоянные». Утвердительный тезис гласит: «Углы наклона избранной грани (или ребра) к соответственным граням (или ребрам) у всех кристаллов одного и того же вещества сохраняют постоянную величину».<sup>29</sup>

Излишней переоценкой отрицательного тезиса и недооценкой положительного и объясняется, по мнению А. К. Болдырева, пессимизм кристаллографов по отношению к возможностям кристаллографического диагноза.

Так же как и Е. С. Федоров, автор статьи обращает внимание на ненормальность такого положения, когда «громадный фактический материал большой точности, дающий углы в минутах, оказывается лежащим почти без движения, почти бесплодным, является одним из тупиков научной работы, ведущим в сторону от главного ее ствола».<sup>30</sup> Затем А. К. Болдырев напоминает о кристаллохимическом анализе своего учителя — первой замечательной попытке использовать упомянутый богатейший материал в целях систематического определения вещества. Вместе с тем он замечает, что «этот метод не является единственно возможным... Это один из многих или нескольких возможных видов кристаллографического диагноза, и можно построить, исходя из других принципов, другие методы определения вещества по его кристаллам».<sup>31</sup>

Вторая часть статьи посвящена подробному изложению сущности федоровского кристаллохимического анализа. Попутно автор высказывает и ряд критических замечаний. Он особенно подчеркивает то обстоятельство, что кристаллохимический анализ «стремится достигнуть последовательно двух главных целей. — Сначала этим методом мы стараемся определить структуру вещества по формам его кристаллов, затем по структуре определяем само вещество».<sup>32</sup> Вместе с тем, как уже отмечалось выше, федоровский метод определения структуры является не прямым, а косвенным, и в нем содержится немало условного.

<sup>29</sup> Там же, с. 251, 252.

<sup>30</sup> Там же, с. 253.

<sup>31</sup> Там же, с. 255.

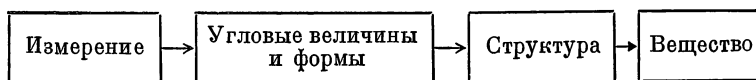
<sup>32</sup> Там же, с. 265.

«В этом отношении, — пишет Анатолий Капитонович, — он значительно уступает рентгеноскопическому методу определения структуры».<sup>33</sup>

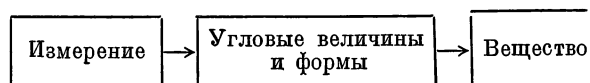
Далее автор статьи приходит к выводу, согласно которому «для узких целей кристаллографического диагноза вещества определение структуры нельзя считать совершенно неизбежным».<sup>34</sup>

Сказанное позволяет значительно упростить ход определения вещества по его кристаллам.

В самом деле, схема федоровского определения вещества выглядит так:



Зачеркнув тяжеловесное третье звено, А. К. Болдырев получает следующую сокращенную схему:



Само собой разумеется, что такое сокращение чрезвычайно упрощает метод диагноза: опускается большое число предпосылок, связанных с федоровской теорией строения кристаллов, отпадает множество вычислительных и графических операций, которые «значительным слоем отделяют в федоровском методе данное от искомого».<sup>35</sup>

Третий раздел статьи А. К. Болдырева всецело посвящен его собственному новому методу кристаллографического диагноза вещества. «Общий принцип метода заключается в непосредственном сравнении углов между гранями кристаллов неизвестного определяемого вещества с углами между соответствующими гранями кристаллов, известных заранее, изученных веществ», — такими словами открывает автор основную часть своей работы.

Возможность такого определения основывается на том, что, за исключением кубических кристаллов с одинако-

<sup>33</sup> Там же.

<sup>34</sup> Там же, с. 266.

<sup>35</sup> Там же.

выми, строго константными углами и ряда изоморфных веществ, «среди множества изученных кристаллов нет двух с абсолютно одинаковыми комплексами граней».<sup>36</sup> Отсюда следует, что «составив список всех наблюдаемых на таких кристаллах двугранных углов в порядке их возрастания, мы могли бы во многих случаях по одному единственному углу, измеренному на неизвестном кристалле, определить то вещество, которому он принадлежит, или по крайней мере очень небольшую группу в 5—6 веществ, из которых потом пришлось бы сделать выбор, пользуясь простейшими физическими и химическими свойствами, потому что измеренный угол не повторился бы у других веществ».<sup>37</sup>

К сожалению, как замечает сам автор, «реальные кристаллы не бывают образованы достаточно совершенно для такого определения».<sup>38</sup> Это существенно затрудняет определение вещества по кристаллографическим углам, но отнюдь не делает его невозможным. Приходится лишь «сравнивать не один угол неизвестного кристалла, а всю совокупность его углов с углами известных. Приходится принимать во внимание комбинацию форм и другие кристаллографические признаки и затем уже для окончательного выбора между несколькими подходящими веществами привлекать, как и всегда, простейшие физические и химические признаки».<sup>39</sup>

Приведенные цитаты дают представление об общих принципах, лежащих в основе болдыревского метода.

Переходя к особенностям построения своего «Определителя кристаллов», Анатолий Капитонович отмечает, что лучшей его формой он считает «карточную, при которой данные, необходимые для определения каждого вещества, выписаны на особую карточку».<sup>40</sup> Однако, как увидим далее, впоследствии ученый отказался от такого варианта и предпочел обычное оформление — в виде книжных томов.

Тексты, относящиеся к конкретным кристаллам, в «Определителе» группируются по отдельным сингониям.

---

<sup>36</sup> Там же, с. 271.

<sup>37</sup> Там же.

<sup>38</sup> Там же.

<sup>39</sup> Там же, с. 271, 272.

<sup>40</sup> Там же, с. 272.

Для кристаллов средних сингоний за определяющие углы А. К. Болдырев принял полярные расстояния важнейших косых граней. Для тетрагональных кристаллов — это углы, образованные нормалью к косым граням и главной — четверной — осью симметрии ( $L_4$ ,  $L_{44}$ ). Для тригональных и гексагональных кристаллов имеем соответственные углы между нормалью к граням и тройной ( $L_3$ ) или шестерной ( $L_6$ ,  $L_{66}$ ) осью симметрии.

Сложнее обстоит дело с кристаллами низших сингоний, где в отличие от кристаллов средних сингоний отсутствуют главные оси и в кристалле имеется несколько единичных, т. е. неповторяющихся, направлений. В ромбической сингонии присутствуют три единичных направления, совпадающих с тремя двойными осями ( $3L_2$ ), либо с двойной осью и нормалью к двум плоскостям симметрии ( $L_22P$ ), либо с тремя двойными осями, являющимися одновременно и нормалью к трем плоскостям симметрии ( $3L_23PC$ ). Здесь за определяющие углы принимают углы, образованные нормалью к граням с тремя единичными направлениями, совпадающими с кристаллографическими осями  $[100]$ ,  $[010]$ ,  $[001]$ . Соответственно в карточке ромбического кристалла А. К. Болдырев выделяет три столбца с определяющими углами. Для какой-либо грани ( $hkl$ ) здесь должны находиться углы, образованные нормалью к этой грани с осями  $[100]$ ,  $[010]$ ,  $[001]$ , или, что то же, с нормалью к граням  $(100)$ ,  $(010)$ ,  $(001)$ .

В моноклинных кристаллах ( $L_2$ ;  $P$ ;  $L_2PC$ ) всегда присутствует либо одна двойная ось, либо нормаль к единственной плоскости симметрии ( $P$ ). Это характерное направление совпадает со второй кристаллографической осью кристалла  $[010]$  или, что то же, с нормалью к грани второго пинакоида или моноэдра  $(010)$ . Углы, образованные нормалью к граням кристалла с этим характерным направлением, и являются определяющими. Однако, учитывая огромное количество моноклинных кристаллов и сложность их огранения, Анатолий Капитонович предлагает принимать во внимание также углы, образованные нормалью к наиболее развитым граням, разместив их в порядке важности последних.

В триклинных кристаллах ( $—$ ;  $C$ ) оси и плоскость симметрии полностью отсутствуют. Поэтому здесь за определяющие углы приходится принимать углы между нормалью к важнейшим граням.

В пределах каждой сингонии карточки должны размещаться в строго определенном порядке — по мере понижения значений первых (главных) определяющих углов.

Помимо определяющих углов, тексты карточек должны содержать дополнительные сведения о важнейших кристаллографических и физических свойствах данного вещества.

В заключение А. К. Болдырев подчеркивает предельную простоту своего метода: «Техника метода весьма проста. Без преувеличения можно сказать, что с нею можно ознакомиться в  $1/2$  часа или в 1 час».<sup>41</sup> И действительно, для его усвоения нужны только самые основные понятия из элементарной кристаллографии, излагаемые во всех студенческих учебниках.

Сформулировав основные принципы нового кристаллографического диагноза, А. К. Болдырев энергично приступил к его реализации. Из числа сотрудников кафедры кристаллографии Ленинградского горного института и Федоровского института он сумел организовать группу увлеченных и преданных учеников и последователей, занявшихся составлением «Определителя кристаллов».

В 1937 г. увидел свет первый выпуск этого монументального труда (438 с.). Вот текст его титульного листа: «Определитель кристаллов. Том I. 1-я половина. Введение. Тетрагирная сингония. Под редакцией А. К. Болдырева и В. В. Доливо-Добровольского. Составили: А. К. Болдырев, В. В. Доливо-Добровольский, И. И. Шафрановский, Е. Е. Флинт, Ю. П. Преображенский, В. А. Аншелес, А. Н. Лямина, В. И. Михеев, Э. Ф. Рунке, Г. М. Доливо-Добровольская. При участии В. Ф. Алявдина, Н. Ю. Икорниковой, Г. Б. Бокия, М. Н. Годлевского, А. М. Болдыревой, Н. А. Иванова, В. Н. Дубининой, М. Н. Балашевой, В. В. Герасимовой».<sup>42</sup>

Далее идет посвящение: «Памяти славных кристаллографов Е. С. Федорова, П. Грота, В. Гольдшмидта посвящаем мы свою работу в знак благодарности за их гигантские труды, навсегда сохраняющие свое значение. Составители».

---

<sup>41</sup> Там же, с. 337.

<sup>42</sup> Л.—М., ОНТИ НКТП СССР, 1937, 438 с. (Далее: «Определитель кристаллов»... Т. I. 1-я пол.).



В начале книги находятся и портреты трех упомянутых великих ученых. О роли Е. С. Федорова и В. Гольдшмидта в развитии кристаллографического диагноза достаточно подробно говорилось выше. Маститый немецкий кристаллограф П. Грот (1843—1927) известен как составитель капитальной «Физической кристаллографии», пятитомной «Химической кристаллографии» и как основатель международного кристаллографического журнала (*Zeitschrift für Kristallographie*). Его труды дали богатый материал для «Определителя кристаллов».

Кроме того, в тексте Введения мы находим портреты учеников и сотрудников Е. С. Федорова — Т. В. Баркера, Б. П. Орелкина, В. И. Соколова, — принимавших деятельное участие в составлении таблиц «Царства кристаллов».

В 1939 г. была опубликована вторая половина первого тома «Определителя» под заглавием: «Определитель кристаллов. Т. I. 2-я половина. I. Тригирная и гексагирная сингонии. Общее дополнение к средним сингониям. II. 2-е и 3-е дополнения к тетрагирной сингонии».<sup>43</sup>

Этот огромный фолиант (864 с.) содержит данные для определения минералов и неминералов тригональной (тригирной) и гексагональной (гексагирной) сингоний. Кроме того, в нем приведены дополнения к тетрагональной (тетрагирной) сингонии, составленные В. Ф. Алявдиным при участии М. Н. Балашевой. Книга открывается портретами двух скончавшихся соавторов «Определителя» — профессора В. В. Доливо-Добровольского (1903—1936) и Ю. П. Преображенского (1910—1932). В списке составителей этой части, помимо лиц, упоминавшихся в предыдущей, приводятся фамилии новых участников: П. В. Грушвицкого, Н. Н. Стулова, В. С. Соболева, Ю. А. Шнейдера.

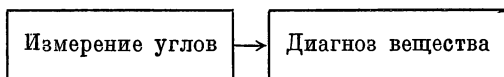
Дальнейшая работа над «Определителем кристаллов» в течение многих лет велась В. Ф. Алявдиным, закончившим в настоящее время составление полного «Определителя минералов ромбической сингонии». Некоторые особенности последнего будут отмечены ниже.

---

<sup>43</sup> М.—Л., ГОНТИ. Ред. горно-топливн. и геол.-разв. лит-ры, 1939, 864 с. В дальнейшем название «Определителя», приведенное в тексте, будет даваться так: «Определитель кристаллов...». Т. I. 2-я пол.

Вкратце остановимся на Введении к «Определителю»<sup>44</sup> с тем, чтобы отметить те новые детали, которые он содержит по сравнению с проектом, помещенным в рассмотренной выше статье 1925 г.

В первом параграфе Введения излагается «История развития методов определения вещества по формам его кристаллов». В основном здесь повторяются уже известные нам данные. При упоминании о сущности кристаллографического диагноза А. К. Болдырева приводившаяся ранее схема (форма→вещество) дается в значительно более наглядном виде:



Кроме того, авторы подвергают критическому анализу литературу, вышедшую после опубликования болдыревской статьи (в частности, упоминаются: попытка ученика Е. С. Федорова, английского кристаллографа Т. В. Баркера, дать свой вариант упрощения кристаллохимического анализа, а также публикации его последователей, разрабатывавших этот вариант после смерти ученого).

Следующий параграф Введения касается изменений в построении Определителя с 1924 г. и проверки его применимости на практике.

Приведем цитату, дающую ясное представление об упомянутых изменениях.

«1. В целях уменьшить громоздкость издания мы отказались от карточной формы Определителя и перешли к форме его в виде книги. В этой форме наш Определитель распадается теперь на две части: А) Описание кристаллов, расположенное в каждой сингонии по химической системе... В) Ключ, по которому ведется первый отбор веществ. Он содержит все определяющие углы в возрастающем порядке и при них названия веществ и ссылки на номера описаний кристаллов.

2. С выделением списка всех определяющих углов в особый список-ключ мы получили возможность расположить все кристаллы в их естественную систему по хи-

---

<sup>44</sup> Определитель кристаллов...Т. I. 1-я пол., с. 17—66.

мическому составу и кристаллической структуре. Это мы считаем определенным шагом вперед по сравнению как с нашим первоначальным проектом, так и с определителем Баркера и даже с „Царством кристаллов“ Федорова.

3. Мы решили со своим Определителем по возможности соединить и справочник по кристаллам, дающий главнейшие или даже все те сведения о них, которые дали в своих капитальных сводках Гольдшмидт гейдельбергский<sup>45</sup> о минералах и Грот о неминералах...

4. В связи с приданием нашему Определителю также и характера справочника стоят и следующие три существенных нововведения: а) рисунки кристаллов, б) основные результаты рентгенометрического исследования структуры ( $a_0$ ,  $b_0$ ,  $c_0$  и пространственная группа (разновидность) симметрии)... в) сведения о малоизученных кристаллах, хотя бы и недостаточные для их определения».<sup>46</sup>

Ниже приведена часть «ключа» из «Определителя кристаллов» с определяющими углами для фергусонита.

К вопросу о проверке «Определителя» на практике мы вернемся ниже.

В третьем параграфе Введения описываются «основные черты и детали Определителя». Из него мы узнаем, что Определитель каждой сингонии заключает в себе: а) ключ для неминералов; б) ключ для минералов; в) описание кристаллов неминералов; г) описание кристаллов минералов; д) дополнение; е) указатели. Далее приводятся сведения о принятой в Определителе систематике кристаллов по их химическому составу (так, например, неорганические вещества разделены на элементы, бинарные, тройные и многокомпонентные соединения). Пример описания фергусонита показан на карточке из «Определителя кристаллов». Сначала приводятся порядковый номер, название вещества и его химическая формула. Далее текст описания разделяется на левую и правую части.

В левой части приводится вид симметрии (по номенклатуре Федоровского института, см. с. 171) и обозначе-

<sup>45</sup> Так называли Виктора Гольдшмидта (1853—1933) в отличие от его современника Виктора Морица Гольдшмидта (1888—1947) — одного из основоположников кристаллохимии. — *И. Ш., В. А.*

<sup>46</sup> Определитель кристаллов... Т. I. 1-я пол., с. 34.

Полярное расстоя- ние $\rho$	Символ	Порядок грани по частоте	Вещество	№ описа- ния кристал- ла
77°18'	131	IV	Браунит — $\text{MnO}_3\text{Mn}$	46
77 22	221	VII	Вульфенит — $\text{MoO}_4\text{Pb}$	166
(77 31.)	551	XII	Циркон — $\text{ZrSiO}_4$	57
77 40	331	II	Маухерит — $\text{Ni}_4\text{As}_3$	39
(77 48.)	131	III	Фергусонит — $(\text{Nb}, \text{Ta})\text{O}_4\text{Y}$	153
78 07.	551	V	Касситерит — $\text{SnO}_2$	64
78 18	131	VI	Шеелит — $\text{WO}_4\text{Ca}$	168
78 18	311	X	Шеелит — $\text{WO}_4\text{Ca}$	168
(78 24)	221	VI	Каломель — $\text{Hg}_2\text{Cl}_2$	88
78 24.	772	XII	Халькопирит — $\text{FeS}_2\text{Cu}$	107
(78 32.)	311	X	Штольцит — $\text{WO}_4\text{Pb}$	172
(78 44.)	151	XVI	Халькопирит — $\text{FeS}_2\text{Cu}$	107
(78 45)	221	XV	Анализ — $\text{TiO}_2$	49
(79 04.)	352	XIII	Анализ — $\text{TiO}_2$	49
79 16.	231	I	Фергусонит — $(\text{Nb}, \text{Ta})\text{O}_4\text{Y}$	153
(79 22.)	031	XII	Анализ — $\text{TiO}_2$	49
(79 36)	131	XV	Каломель — $\text{Hg}_2\text{Cl}_2$	88
79 49	{ 441 441	VII	Халькопирит — $\text{FeS}_2\text{Cu}$	107
(80 03)	041	VI	Отунит — $[\text{PO}_4]_2[\text{UO}_2]_2\text{Ca} \cdot 8\text{H}_2\text{O}$	291
(80 14)	041	V	Цейнерит — $[\text{AsO}_4]_2[\text{UO}_2]_2\text{Cu} \cdot 8\text{H}_2\text{O}$	297
(80 24)	061	XIX	Халькопирит — $\text{FeS}_2\text{Cu}$	107
(80 28)	331	VII	Браунит — $\text{MnO}_3\text{Mn}$	46
80 41	441	V	Маухерит — $\text{Ni}_4\text{As}_3$	39

ние пространственной группы (по Федорову и Шенф-лису). Затем следуют величины кристаллографических осей по рентгенометрическим данным. Ниже размещаются изображения кристаллов. Вслед за изображениями идет описание кристаллографических, физических и физико-химических свойств (кристаллографические свойства: габитус, двойники, скульптура граней и другие морфологические свойства; физические свойства: плотность, твердость, черта, цвет, оптические константы, иные физические свойства; физико-химические свойства: точка плавления, растворимость, полиморфные модификации и др.).

Правая часть описания отведена характерным угловым величинам кристалла. Сверху стоит отношение кристаллографических осей. Далее следуют символы граней. Габитусные грани отмечены жирным шрифтом, средние по развитию — обычным шрифтом, символы мелких гра-

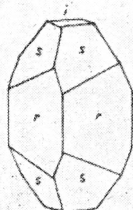
153. Фергусонит (Fergusonite) = (Nb, Ta) O<sub>4</sub> Y

Содержит также Er, Ce, Th и Ca, Fe

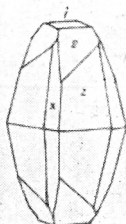
Тетрагирно-примитивный

К. Г. 151—155

1:1,4641

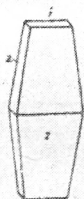


Фиг. 309 (1)



Фиг. 310 (8)

$z - \begin{Bmatrix} 231 \\ 23\bar{1} \end{Bmatrix}$	79° 16'
$r - 230$	90
$s - \begin{Bmatrix} 111 \\ 11\bar{1} \end{Bmatrix}$	64 13
$i - 001$	0
$x - \begin{Bmatrix} (131) \\ (13\bar{1}) \end{Bmatrix}$	77 48

Gdt<sub>2</sub> 144

Фиг. 311 (4)

Gdt<sub>2</sub> IV. 1

Габ. дипирам., боченковидный или призматический, а также пирамидальный.

Сп. {111} несой.  $N = 51^\circ$ ,  $\delta$ : D ~ 4,3—6,2. Буровато-черный. Ч. бледно-бурый. В изломе — стеклинный бл. Полупрозрачен до непрозрачного. Изм. полупрозрачный. Хрупкий.  $N = 2,115 \pm$  до  $2,175 \pm$ .

Габ. Кн. II. 225. — Нз. I. 20. 276. — Дн. 729. — Л. 181, 182. — Е. H. 397

Карточка описания минерала фергусонита из «Определителя кристаллов».

ней заключены в скобки. Справа от символов стоят соответствующие им определяющие углы (см. с. 123). Ключи (отдельные для минералов и неминералов) содержат определяющие углы для кристаллов данной сингонии в порядке их возрастания от 0 до 90°.

В четвертом и последнем параграфе Введения описан «способ пользования Определителем». Ввиду особой важности этого вопроса приведем десять пунктов последовательного хода определения неизвестного окристаллизованного вещества с помощью Определителя.

1. Кристалл неизвестного вещества измеряется на двукружном гониометре (полезно юстировать его так, чтобы непосредственно получить требуемые полярные расстояния).

2. Результаты измерения наносятся на стереографическую сетку.

3. С помощью проекции определяется сингония, а грани распределяются по простым формам.

4. Вычисляются средние значения полярных расстояний отдельно для каждой формы. Эти значения выписываются в порядке величины граней соответствующих форм.

5. В случае минерала исследователь обращается к ключу для минералов, в случае неминерала — к ключу для неминералов.

6. Первый отбор в ключе производится путем отыскания в его левом столбце, содержащем определяющие угловые величины, тех полярных расстояний, которые не отличаются от измеренного полярного расстояния для главной косой грани кристалла больше чем на  $\pm 30'$ .

7. При таком отборе следует строго следить за тем, чтобы не было противоречия с символами граней для каждого из отобранных веществ (символы стоят в ключе во втором столбце слева).

8. При наличии других косых граней у определяемого кристалла берем вторую из них и ведем по ней отбор в ключе, так же как это было сделано и для первой. Сличая вещества, отобранные при первом и втором отборах (названия и порядковые номера веществ находятся в ключе справа), естественно, останавливаемся на тех, которые совпадают и для первой, и для второй грани.

9. В случае неопределенного результата привлекаем на помощь и третью, и четвертую косые грани кристалла.

10. Вещество, углы которого соответствуют определяющим углам всех принятых во внимание граней кристалла, и будет искомым. Для полной уверенности обращаемся к описательной части «Определителя» и по найденному порядковому номеру вещества читаем его описание. По ходу определения последовательно отбрасываются все неподходящие вещества и в конце концов находится такое, которое во всех отношениях подходит к определяемому.

Приведенное развернутое описание хода определения вещества по «Определителю», разбитое для ясности на десять пунктов, сводится по сути дела к двум основным пунктам, выделенным А. К. Болдыревым в его схеме: 1) измерению углов на гониометре и 2) диагнозу вещества по «Определителю».

В самом деле, первые четыре пункта соответствуют тем обычным операциям, которые хорошо известны каждому работающему с гониометром, остальные шесть — быть может даже с излишней скрупулезностью — дают представление о тех последовательных приемах, к которым рекомендуется прибегать при пользовании «Определителем».

Кратко отметим особенности очередного тома «Определителя кристаллов», посвященного ромбическим минералам и законченного в наши дни. В целом он построен по плану, аналогичному уже вышедшим томам. Но время его завершения, отделенное от первых выпусков «Определителя» более чем двадцатью пятью годами, естественно, наложило свой отпечаток и заставило авторов ввести в текст некоторые дополнения и изменения. Бурное развитие рентгеноструктурных исследований должно было непременно найти отражение при описании и систематизации ромбических минералов. Отсутствие в мировой литературе исчерпывающих справочников по кристаллографии минералов (последние по времени выхода в свет имеют более чем полувековую давность) побудило авторов расширить цели при составлении тома от чисто гониометрически-определятельных до кристаллографо-справочных.

В настоящем своем виде очередной том «Определителя» получил название «Ромбические минералы. Гониометрический определитель-справочник». В нем с исчерпывающей полнотой охарактеризованы все известные и зафиксированные на конец 1972 г. ромбические ми-

нералы. Дано достаточно подробное кристаллографо-морфологическое описание минералов: приведены в порядке убывающей частоты кристаллографические формы с выделением габитусных, больших и меньших по размерам граней, форм; большое число простых форм, за исключением весьма редких и недостоверных, охарактеризовано тремя числовыми значениями углов между нормалью к граням и тремя кристаллографическими осями; элементы кристалла; характеристика габитусов, иллюстрируемых многочисленными рисунками кристаллов; параметры элементарной ячейки и пространственная группа.

Описание минералов сопровождается главнейшими физическими свойствами и константами:  $d/n$  наиболее интенсивных линий порошкограмм, кристаллооптическими константами и другими важнейшими количественными и качественными физическими, химическими и физико-химическими данными. Минералы в «Определителе» распределены по современной кристаллохимической классификации.

Достоинства кристаллографического диагноза минералов очевидны. Это прежде всего: сохраняемость исследуемого материала (кристалл после исследования остается в том же виде, каким был и до него); малые количества, требуемые для исследования (достаточно хотя бы одного, даже очень маленького кристаллика величиной примерно до 0.1 мм); скорость определения независимо от сложности состава (в особо благоприятных случаях достаточно получаса). Кроме того, еще раз подчеркнем, что болдыревский кристаллографический диагноз, сохраняя достоинства федоровского кристаллохимического анализа, является вместе с тем значительно более простым: для его усвоения нужны только самые основные понятия из элементарной кристаллографии.

Мало того, следует отметить и еще одно преимущество кристаллографического диагноза, позволяющее определять вещество природных кристаллов в тех случаях, когда применение федоровского анализа наталкивается на существенные препятствия. Как указывалось выше, при вычислении «символа комплекса» Е. С. Федоров принимал во внимание важнейшие — по статистической частоте встречаемости и степени развития — гранные формы кристаллов данного вещества. Последовательность таких важнейших форм давала ему возможность судить и о типе



решетки этого вещества. Тем самым таблицы «Царства кристаллов» содержат эталоны идеализированных кристаллических многогранников для веществ, помещенных в таблицах. При этом каждое вещество независимо от характера его огранения определялось одним таким эталоном. Вместе с тем хорошо известно, что природные кристаллы одного и того же минерала в различных месторождениях, а иногда и на отдельных участках одного и того же месторождения нередко характеризуются резко различным огранением. В качестве примеров напомним октаэдры и кривогранные ромбододекаэдры алмаза, кубы и пентагон-дodeкаэдры пирита, ромбододекаэдры и тетрагон-триоктаэдры граната и др.

Представим себе такой сравнительно редкий, но вполне возможный случай, когда на встреченном природном кристалле некоторого минерала развиты грани второстепенных простых форм и полностью отсутствуют типичные грани, перечисленные в федоровском «символе комплекса». В таком случае определить вещество минерала по таблицам «Царства кристаллов» весьма затруднительно, а иногда практически невозможно.

В отличие от единого идеализированного федоровского кристалла-эталона болдыревский «Определитель кристаллов» содержит перечень определяющих углов для всех более или менее ясно выраженных форм, встречающихся на кристаллах данного вещества. Само собой разумеется, что, пользуясь «Определителем кристаллов», мы почти полностью гарантированы от неудач, связанных с различным огранением кристаллов одного и того же вещества. Кристаллографический диагноз Болдырева дает нам полную возможность определять вещество по реальным кристаллам со всем разнообразием их огранения, тогда как кристаллохимический анализ Федорова основывается на теоретических обобщениях и идеализированных эталонах кристаллических веществ.

Как и всякий метод, кристаллографический диагноз имеет и свои недостатки. Упомянем главные из них: а) определение возможно лишь при наличии достаточно хорошо ограненных кристаллов; б) вещества с тождественными углами между соответственными гранями неотличимы друг от друга, вследствие чего невозможно определение кристаллов кубической сингонии, а иногда также близких членов одного изоморфного ряда; в) определение

может быть проведено лишь для веществ, помещенных в «Определителе».

Само собой разумеется, что упомянутые недостатки относятся не только к кристаллографическому диагнозу Болдырева, но и к кристаллохимическому анализу Федорова.

При составлении «Определителя» по инициативе самого А. К. Болдырева неоднократно проводилась проверка его на практике. Первая попытка такой проверки была проведена еще в 1923 г. с помощью «Определителя» (картотеки) для тетрагональных минералов. Кристаллы были получены от минералогов и химиков (главным образом профессоров и преподавателей Горного института). Из 13 кристаллов (7 минералов и 6 неминералов) удалось определить 12 (1 из минералов — болеит — оказался случайно пропущенным в картотеке). Вторая проверка проводилась в 1927 г. (проверялись определители гексагональных и тригональных кристаллов), при этом гониометрические измерения вел один исследователь (В. В. Доливо-Добровольский), а определение веществ по таблицам осуществлялось другими (А. К. Болдыревым и А. М. Болдыревой). В результате из 23 кристаллов удалось определить 22. Один минерал (глазерит) не был определен из-за ошибки лица, измерявшего кристалл (на проекции резкими знаками были отмечены не главные, а второстепенные грани). Третья проверка была осуществлена уже в широком масштабе в 1934 г. Определения кристаллов по «Определителю» проводились студентами III курса Ленинградского горного института, проходившими практику по гониометрии. Большинство изучавшихся кристаллических образцов было взято из коллекций Горного музея, 40 образцов было определено безошибочно.

В заключение напомним об одном сенсационном открытии, сделанном с помощью болдыревского «Определителя кристаллов» во время студенческих занятий по гониометрии.

В 1938 г. путем гониометрических измерений и определения состава вещества по «Определителю» было обнаружено присутствие в россыпях на Урале важнейшей оловянной руды — касситерита ( $\text{SnO}_2$ ). Измерявшиеся экземпляры кристаллов в течение долгих лет хранились в коллекции академика П. В. Еремеева, переданной после

его смерти в музей Горного института. Согласно сопровождавшей их записке, они были ошибочно отнесены к кристаллам рутила ( $\text{TiO}_2$ ). Крупнейшие специалисты-минералоги, просматривая эти образцы, не разгадали их истинной природы. Лишь в 1938 г. на практических занятиях по гониометрии, проводившихся под руководством В. И. Михеева, студенту В. Е. Евстрахину удалось с помощью кристаллографического диагноза установить принадлежность их к оловянному камню. Нет надобности говорить о том, какой большой интерес представляло это открытие. Важно подчеркнуть его необычный характер: касситерит был открыт вдалеке от месторождения, в Ленинграде, на студенческих практических занятиях, в темной гониометрической комнате, с помощью Федоровского двукружного гониометра и болдыревского «Определителя кристаллов»!

Намерение А. К. Болдырева создать полный «Определитель кристаллов», а также выход в свет первого тома «Определителя» — все это вызвало многочисленные положительные отклики как у нас в стране, так и за рубежом.

Виднейшие советские ученые-академики В. И. Вернадский, А. Е. Ферсман, С. С. Смирнов, А. В. Шубников и многие другие приветствовали выход в свет «Определителя», высказывали мысли об исключительной полезности этого труда и его практическом значении. Все они подчеркивали необходимость продолжения этого огромного, важного дела и своим авторитетом поддерживали работу над «Определителем» не только при жизни А. К. Болдырева, но и после его смерти. Так, в частности, всемирно известный советский ученый академик В. И. Вернадский писал, что предпринятое А. К. Болдыревым создание сводок, «регулирующих геометрический облик кристаллов, ...заслуживает самого серьезного внимания».<sup>47</sup> Он же в одном из своих отзывов (от 10 III 1935) указывал на «большое общенаучное значение „Определителя кристаллов“ и, сопоставляя представленный к печати первый том «Определителя кристаллов» с другими направлениями развития кристаллохимического анализа Федорова, отме-

---

<sup>47</sup> Вернадский В. И., Курбатов С. М. Земные силикаты, алюмосиликаты и их аналоги. М., ОНТИ, 1937, с. 14.

чал: „Определитель кристаллов I“ (первый том, — *И. Ш., В. А.*) решает задачу значительно полнее, и, мне кажется, для данной цели — определения — глубже, чем путь, избранный Баркером, по которому идет работа за границей». <sup>48</sup>

В рецензии на статью А. К. Болдырева и В. И. Долово-Добровольского «Об определителе кристаллов» известный немецкий кристаллограф и минералог профессор Ганс Химмель писал: «Все кристаллографы и минералоги, также все те, которые занимаются кристаллами, должны самым теплым образом приветствовать намерение издать „Определитель кристаллов“ для всех сингоний и только пожелать, чтобы отдельные тома имели бы возможность быстро следовать один за другим». <sup>49</sup>

«Определитель кристаллов» получил широкое распространение в геологических организациях, изучавших природное минеральное сырье — полезные ископаемые, и в других химических и физических учреждениях, имеющих дело с кристаллическим веществом. Первый том «Определителя» в настоящее время стал подлинной библиографической редкостью. Несмотря на то что с момента выхода «Определителя средних сингоний» прошло уже более четверти века, на кафедре кристаллографии Ленинградского горного института, где создавался первый том «Определителя кристаллов» и продолжается в настоящее время (хотя и весьма замедленными темпами) составление последующих томов, поступают запросы от различных отечественных и зарубежных организаций с просьбой о содействии в приобретении «Определителя». К сожалению, эти запросы остаются неудовлетворенными из-за уже давно полностью разошедшегося тиража.

Лучший памятник выдающемуся советскому ученому А. К. Болдыреву — завершение его учениками и последователями важнейшего дела его жизни — «Определителя кристаллов». Осуществить же это важное, но вместе с тем и огромное по масштабам мероприятие невозможно силами отдельных энтузиастов-исполнителей, оно требует коллективного усилия советских кристаллографов.

---

<sup>48</sup> Архив Федоровск. ин-та., каф. крист. ЛГИ.

<sup>49</sup> Neues Jahrb. Mineral., 1936, Hft 4, S. 21.

Оценивая в заключение труд А. К. Болдырева «Определитель кристаллов», со всей справедливостью можно высказать мысль о том, что хотя он еще далек от завершения, но и то, что уже создано, что уже стало всеобщим достоянием, может быть по праву поставлено в один ряд с фундаментальными всемирно известными минералогическими кристаллографическими сводками В. Гольдшмидта «Кристаллографические таблицы» и «Атлас форм кристаллов», П. Грота «Химическая кристаллография» и Е. С. Федорова «Царство кристаллов», блистающими немеркнущей славой на протяжении уже трех четвертей нашего века.

### Рентгенометрический определитель минералов

В двух предыдущих главах, посвященных развитию учения о симметрии и созданию кристаллографического диагноза, нам пришлось проделать достаточно подробные экскурсы в глубь истории науки о кристаллах. В самом деле, не зная о теоретических достижениях О. Браве, И. Ф. Х. Гесселя, А. В. Гадолина, Л. Зонке, Е. С. Федорова, мы не смогли бы оценить и того нового, что внес в учение о симметрии А. К. Болдырев.

Истоки «Определителя кристаллов» восходят к закону постоянства углов, а сам метод кристаллографического диагноза является предельным упрощением федоровского кристаллохимического анализа. Однако ясно, что без знакомства с историческими путями развития кристаллографии от Стенона до Федорова нельзя понять всего значения того последнего шага на этом пути, который привел А. К. Болдырева к созданию простейшего метода определения вещества по углам между гранями кристаллов.

В отличие от первых двух крупнейших достижений ученого становление третьей вершины его творчества — создание нового рентгенометрического метода определения вещества и связанного с ним «Рентгенометрического определителя минералов»<sup>1</sup> — всецело относится к современности. Вся история возникновения, совершенствования и развития упомянутого метода протекала в 20-е—30-е годы нашего столетия. А. К. Болдырев явился подлинным нова-

---

<sup>1</sup> Болдырев А. К., Михеев В. И., Ковалев Г. А., Дубинина В. Н. Рентгенометрический определитель минералов, ч. I. — Зап. ЛГИ, 1938, т. 11, вып. 2. 158 с. Михеев В. И., Дубинина В. Н. Рентгенометрический определитель минералов, ч. II. — Зап. ЛГИ, 1939, ч. 13, вып. 1. 136 с.

тором и первопроходцем в только что зародившейся, совершенно новой области знания — рентгеновской диагностике вещества. Как нам уже известно, после возвращения из заграничной поездки в 1926 г. Анатолий Капитонович с огромной энергией и воодушевлением принялся за организацию в стенах Ленинградского горного института рентгеновской лаборатории — одной из первых в СССР. Вскоре по его инициативе была создана рентгеновская лаборатория и в Геологическом комитете (ныне ВСЕГЕИ). Осваивая аппаратуру и соответствующие приемы работы, он стремился совершенствовать и упрощать еще малораспространенную тогда методику рентгеновских исследований. Именно этим вызвано появление его первых работ по рентгенометрии. К ним относятся статья о геометрической картине пучка рентгеновских лучей, отраженных от кристалла,<sup>2</sup> и сообщение об изобретенной самим ученым коленчатой трубки для центрировки рентгеносъёмочных камер.<sup>3</sup>

Будучи профессором не только кристаллографии, но и минералогии, А. К. Болдырев с самым пристальным вниманием следил за литературой, относящейся к диагностике кристаллических веществ вообще и минералов с помощью рентгеновских лучей в частности. Он отмечал, что в огромном большинстве случаев для решения таких задач с особенным успехом применяется метод порошка (метод Дебая—Шеррера—Хелла), причем в качестве объектов исследования берутся не отдельные кристаллы, а вещества, измельченные в порошок, т. е. агрегаты мельчайших и произвольно ориентированных кристаллических обломков. Введение указанного метода чрезвычайно расширило область применения рентгеновских лучей. В самом деле, металлы и их сплавы, тонкозернистые химические осадки, различные горные породы, пески, глины — все это стало доступно для рентгеновского исследования.

Особенно заинтересовали ученого публикации, в которых сообщалось об изучении с помощью упомянутого метода таких нечетких и изменчивых минералогических объектов, как халцедон, гидраты железа и др. Сам А. К. Бол-

---

<sup>2</sup> Болдырев А. К. Переход от рентгенограмм кристаллов к циклическим диаграммам W. L. Bragg'a. — Зап. ВМО, 1924, ч. 52, с. 182—187.

<sup>3</sup> Boldyrew A. K. Knieröhre zur Justirung von Aufnahmavorrichtungen vor Röntgenstrahl. — Z. Krist., 1927, Bd. 65.

дырев вместе со своей сотрудницей Е. Ф. Алексеевой применил в 1935 г. метод порошка для детального изучения искусственных флогопитов, впервые синтезированных Д. П. Григорьевым. Однако он не ограничился исследованиями подобного рода, посвященными частным задачам определения отдельных кристаллических веществ. От его внимания не ускользнули попытки некоторых авторов решить более общую задачу — «задачу о создании эталонов и особых таблиц для идентификации (т. е. определения) минералов в пределах определенных групп».<sup>4</sup>

Упомянем здесь эти первые попытки и их авторов, в какой-то мере натолкнувших Анатолия Капитоновича на идею создания «Рентгенометрического определителя». К ним относятся работы по определению непрозрачных рудных минералов (П. Ф. Керр, 1924 г.), глинистых минералов (Г. Нагельшмидт, 1934 г.), марганцевых минералов (В. Смитсерингель, 1929 г.), кристаллических компонентов портландского цемента (Е. Гаррингтон, 1927 г.), минералов-спутников серпентина (Х. Гаральдсен, 1928—1930 гг.), меднорудных минералов (А. Вальдо, 1935 г.) и др. Последний автор даже сделал попытку составить специальный определитель для 48 меднорудных минералов. Все эти публикации и привели А. К. Болдырева к мысли о создании рентгенометрического определителя кристаллических веществ вообще и минералов в частности.

На ту же идею наталкивала и длительная работа над гониометрическим «Определителем кристаллов». В предшествующей главе уже отмечались некоторые трудности, связанные с методом кристаллографического диагноза. Необходимость иметь хорошо огранные кристаллики значительно суживала рамки его возможностей, а изменчивость внешнего ограничения, зависящего от условий кристаллизации, существенно затрудняла его использование.

Все эти трудности, естественно, отпадут, если в основу определения кристаллического вещества положить не внешнюю геометрию кристаллов, т. е. их наружное ограничение, а их внутреннюю геометрию, т. е. структуру, в основном неизменную для всех кристаллов данного ве-

---

<sup>4</sup> Болдырев А. К. и др. Рентгенометрический определитель..., ч. I, с. 3.



щества. Исследования же кристаллических структур стали возможными лишь благодаря использованию рентгеновских лучей.

Следует заметить, что в 1934 г. три зарубежных автора — И. Д. Х. Доннэй, Г. Тонель и Т. Ф. В. Барт — наметили план создания рентгеновского определителя на основе предварительного определения структуры вещества. Однако такой путь был слишком сложным и требовал углубленной и трудоемкой предварительной работы по расшифровке атомной структуры данного кристаллического вещества. Так же как и при разработке кристаллографического диагноза, Болдырев решительно отбросил задачу, связанную с определением структуры вещества, и показал возможность непосредственного перехода от рентгенограммы (т. е. рентгеновского фотоснимка данной структуры) к определению самого вещества. В качестве рентгенограмм, лучше всего способствующих такому определению, он выбрал порошковые диаграммы.

Поясним, каким образом метод Дебая—Шеррера—Хелла (метод порошка) может быть использован для определения вещества. Как уже отмечалось, исследуемый кристаллический материал измельчается в порошок и затем спрессовывается в небольшой столбик диаметром около 1 мм. Через этот столбик пропускается узкий пучок рентгеновских лучей с определенной длиной волны. Конусы рентгеновских лучей, отраженных от плоских сеток многочисленных и различно ориентированных зерен порошка, улавливаются фотографической пленкой, в виде цилиндра окружающей исследуемый объект. В пересечении с фотопленкой такие конусы дают характерные симметричные линии (дужки). Проявленная фотопленка с дужками и называется порошковой диаграммой, или дебаграммой. Каждому кристаллическому веществу соответствует своя характерная порошковая диаграмма — нечто вроде своеобразной фотографической карточки — «портрета» — его структуры. Эти-то структурные «портреты» А. К. Болдырев и предложил принять за эталоны, по которым можно узнать «оригинал портрета», т. е. вещество кристаллического материала. Для определения состава неизвестного порошка следует снять с него дебаграмму и среди имеющихся эталонных дебаграмм найти тождественную с первой. Вещество эталона и должно при этом соответствовать веществу исследуемого порошка.

Из Введения к «Рентгенометрическому определителю минералов» мы узнаем, что «уже примерно в 1930 г. в Федоровском институте в связи с ... большой работой по „Определителю кристаллов“ возникла мысль о создании рентгенометрического определителя кристаллических веществ».<sup>5</sup> Автором этой идеи и инициатором ее реализации был, конечно, А. К. Болдырев. Со свойственной ему энергией и целеустремленностью он объединил вокруг себя небольшую группу учеников и сотрудников и умело распределил между ними материал для дальнейшей работы.

Было ясно, что охватить целиком все соответственные данные по кристаллическим веществам невозможно, поэтому было решено ограничиться лишь кристаллами минералов. Предстояла огромная работа по систематическому получению эталонных порошкограмм окристаллизованных минеральных веществ. Первым помощником Анатолия Капитоновича в этом начинании стал Георгий Михайлович Попов (1905—1963), посвятивший себя рентгенометрии еще в студенческие годы и принимавший самое деятельное участие в организации рентгеновской лаборатории в Горном институте (впоследствии им была создана рентгеновская лаборатория и при кафедре кристаллографии Ленинградского университета). Уже в 1932 г. Г. М. Попов получил и обработал ряд порошкограмм для важнейших рудных минералов — железа и марганца. В 1935—1936 гг. Г. А. Ковалев опубликовал эталонные порошкограммы для ряда минералов из класса элементов, сульфидов и окислов. В то же время В. И. Михеев и В. Н. Дубинина занимались расшифровкой минералов каменного литья и ряда окислов.

А. К. Болдырев сумел привлечь к разрабатываемой теме также и своих московских коллег — А. Н. Лямину и А. И. Любимцева, представивших в 1936 г. материалы по природным окислам и гидроокислам.

Особенно следует отметить работу одного из самых блестящих болдыревских учеников — Виктора Ивановича Михеева (1912—1956). Еще будучи студентом, Михеев решил всецело посвятить себя кристаллографии. Особенно привлекала начинающего ученого рентгенометрия кристаллов. Включившись в коллектив авторов, составляв-

---

<sup>5</sup> Там же.

ших «Рентгенометрический определитель», он вскоре стал самым ближайшим помощником своего учителя. Разработанный им раздел был оформлен в виде диссертации под названием «Эталонные дебаеграммы минералов каменного литья». В 1936 г. молодой кристаллограф успешно защитил ее и был удостоен ученой степени кандидата геолого-минералогических наук. Как мы увидим, В. И. Михеев оставался верен теме рентгенометрического диагноза до конца своей жизни, являясь подлинным энтузиастом и ведущим ученым в этой области.

Возвращаясь ко времени появления первых публикаций, связанных с «Рентгенометрическим определителем», отметим, что в работе В. И. Михеева была сделана «первая попытка дать систематический определитель (ключ для определения) тех 11 минералов, для которых он получил эталонные дебаеграммы».<sup>6</sup> Авторы Введения к первому выпуску «Рентгенометрического определителя» так оценивают эту попытку: «Мы рассматривали эту часть работы, как первый пробный эскиз рентгенометрического определителя минералов. Она должна была выяснить конкретно те пути, по которым должна была пойти дальше эта работа, и эту цель — наряду с другими своими целями — она достигла».<sup>7</sup>

Вскоре интенсивная совместная работа по подготовке материалов для «Определителя» достигла таких масштабов, что в 1938—1939 гг. оказалось возможным издать два первых выпуска этого огромного труда.

Приведем список авторов и участников, имена которых стоят на заглавном листе первого выпуска: А. К. Болдырев, В. И. Михеев, Г. А. Ковалев, В. Н. Дубинина при участии: Е. Е. Флинта, А. Н. Ляминой, А. И. Любимцева. Первая часть «Определителя» содержит данные для 142 минералов, вторая — для 146.

Остановимся вкратце на тех общих принципах и деталях, которые положены в основу «Определителя».

Рентгенометрический диагноз минералов, согласно А. К. Болдыреву, базируется прежде всего на том положении, что «правильно рассчитанная порошкограмма данного кристаллического вещества есть одна из важнейших его характеристик».<sup>8</sup> Поэтому фактическим основанием

<sup>6</sup> Там же.

<sup>7</sup> Там же.

<sup>8</sup> Там же, с. 6.

рентгеноопределителя служат эталонные порошковые минералы, почерпнутые из литературы или полученные в результате исследований самих авторов.

Обработка порошковых заключается в вычислении для каждой линии (дужки) порошковой ответственности расстояний между плоскими сетками структуры ( $d/n$ ). Вычисление производится с помощью знаменитой формулы Брэгга—Вульфа (основной формулы рентгенометрии)

$$n\lambda = 2d \sin \theta, \quad (1)$$

где  $n$  — порядок отражения (целое число);  $\lambda$  — длина волны рентгеновских лучей (при работе по методу Дебая используется характеристическое излучение с определенными  $\lambda$ );  $\theta$  — угол отблеска, при котором рентгеновские лучи данной длины волны «отражаются» от данной системы сеток;  $d$  — расстояние между плоскими сетками.

Значение межплоскостных расстояний при известной  $\lambda$  и экспериментально найденных углах  $\theta$  определяются исходя из формулы (1):

$$\frac{d}{n} = \frac{\lambda}{2 \sin \theta}. \quad (2)$$

В приведенной формуле необходимо знать величину угла отблеска  $\theta$ . Этот угол определяется экспериментально с помощью промеров расстояний ( $2e$ ) между парами симметричных линий (дужек) порошковой. Такие измерения осуществляются либо непосредственным прикладыванием линейки с полумиллиметровыми делениями, либо с помощью циркуля, либо посредством компаратора (микроскоп-микрометра). Значения углов  $\theta$  определяются из пропорции

$$\frac{2e}{\pi D_p} = \frac{4\theta}{360^\circ}; \quad (3)$$

$D_p$  здесь соответствует расчетному диаметру фотопленки.

Четверка в формуле перед  $\theta$  объясняется тем, что угол раствора конуса лучей, пересекающихся с цилиндрической фотопленкой, равен  $4\theta$ , откуда

$$\theta = \frac{90^\circ}{\pi D_p} \cdot 2e. \quad (4)$$

Подставляя найденные значения углов  $\theta$  в формулу (3), находим искомую величину соответственного межплоскостного расстояния  $d/n$ .

Для облегчения вычислений по формуле (2) и (4) А. К. Болдырев предложил составить специальные таблицы. Его учениками и сотрудниками такие таблицы были составлены и изданы в 1950 г.<sup>9</sup>

Требование основываться при анализе на величинах  $d/n$  объясняется тем, что межплоскостные расстояния обусловлены исключительно структурой и составом данного вещества и не зависят от условий опыта: «Строго постоянными остаются лишь  $d/n$  соответствующих друг другу линий».<sup>10</sup>

Как будет показано ниже, большое значение при диагностике минералов по порошкограммам, помимо вычисления  $d/n$ , имеет учет относительной фотографической интенсивности ( $J$ ) линий данной порошкограммы. Определение  $J$  основывается на визуальной оценке интенсивности самых сильных линий дебаеграммы и классификации их по 10-балльной шкале. Важность учета интенсивности уясняется из следующих слов: «Числовая характеристика порошкограммы, состоящая из ряда значений  $d/n$  и  $J$  ее линий, является одним из важнейших диагностических признаков кристаллического вещества».<sup>11</sup>

Ознакомимся далее с деталями построения «Определителя» в том виде, в каком они описаны и оформлены в его первом выпуске.<sup>12</sup>

Из предыдущей главы мы уже знаем, что Болдыревский «Определитель кристаллов» в основном подразделяется на две части: одна из них представляет собой список определяющих угловых величин, т. е. является ключом, с помощью которого и осуществляется определение вещества, другая содержит описание кристаллов.

По аналогичному плану построен и «Рентгенометрический определитель минералов». Он также состоит из двух

<sup>9</sup> Болдырев А. К., Михеев В. И., Дубинина В. Н., Ковалев Г. А., Протопопов В. Н. Таблицы межплоскостных расстояний для железного, медного и молибденового антикатодов. М.—Л., Гос. научно-техн. изд-во по черной и цветн. металл., 1960, 274 с.

<sup>10</sup> Болдырев и др. Рентгенометрический определитель..., ч. I, с. 12.

<sup>11</sup> Там же, с. 12.

<sup>12</sup> Там же, с. 10—15.

частей: ключа и описания рентгенограмм. Ключ представляет собой расположенные в определенном порядке значения  $d/n$  для каждого вещества по пяти наиболее интенсивным его линиям. Описание порошкограммы состоит из следующих пунктов: 1) порядковый номер минерала; 2) его название; 3) химическая формула; 4) указание на кристаллохимическую группу (если минерал принадлежит к таковой); 5) месторождение, из которого происходит исследованный образец; 6) химический анализ; 7) физические свойства; 8) физико-химические и химические свойства; 9) условия рентгено съемки; 10) сингония и пространственная группа симметрии; 11) размеры элементарной ячейки; 12) таблица линий порошкограммы; 13) литературные ссылки.

Из всего сказанного уясняется сущность рентгенометрического диагноза минералов по А. К. Болдыреву: «Основной прием идентификации кристаллических веществ при помощи порошкограмм... состоит в том, что, сняв порошкограмму с неизвестного вещества, мы должны по величине  $d/n$  ее наиболее интенсивной линии подыскать такие порошкограммы эталонов, на которых имеется линия с таким же (в пределах точности)  $d/n$  и тоже с максимальной интенсивностью. Так как таких эталонных порошкограмм может найтись несколько, то затем надо по очереди каждую из них сравнить с порошкограммой определяемого вещества и найти среди них идентичную с этой последней».<sup>13</sup>

Казалось, что наиболее просто можно было бы построить ключ, взяв  $d/n$  для самой интенсивной линии порошкограммы каждого эталона и расположив их в порядке возрастания. Снабдив порядковым номером каждое  $d/n$ , мы всегда сможем найти по ключу описание эталонной порошкограммы. Однако дело осложняется тем, что на исследуемой порошкограмме может быть несколько линий с одинаково высокой интенсивностью. Ясно, что все эти линии должны найти себе место в ключе. Следует также иметь в виду, что визуальная оценка интенсивности линий не особенно точна и нет никакой гарантии в том, что интенсивность некоторой линии, принятая исследователем за 10, в определителе не получит оценки в 9 баллов и т. д. Поэтому в ключе «Определителя» приводится  $d/n$

---

<sup>13</sup> Там же, с. 12.

не для одной, а для пяти наиболее интенсивных линий порошкограммы. Совокупность этих важнейших линий В. И. Михеев в своей диссертации назвал «характерным комплексом» линий данной порошкограммы.<sup>14</sup>

Все вышеупомянутые  $d/n$ , расположенные в порядке возрастания, снабженные соответственной нумерацией и названиями, и составляют ключ «Рентгенометрического определителя минералов». В нашем описании мы привели лишь самые существенные черты болдыревского «Определителя», опустил многочисленные технические детали, уточнения и поправки. Думается, однако, что и в таком виде читатель получил достаточно ясное представление о сущности рентгенометрического диагноза минералов, развивавшегося А. К. Болдыревым и созданным им коллективом.

В конце вводной статьи, открывающей первый выпуск «Определителя», приводятся интересные примеры определений отдельных минералов и минеральных смесей, выполненных его составителями.

Особенно эффектен последний пример. Профессор химии П. Я. Сальдау передал для исследования В. И. Михееву щепотку темного порошка, соскобленного с металлического предмета, найденного при археологических раскопках. Незначительное количество порошка не позволяло произвести его химический анализ. Рентгенометрическое исследование полученной порошкограммы с помощью «Определителя» показало, что порошок представляет собой сложную смесь различных, главным образом медных, минералов. Основными компонентами смеси являлись тенорит ( $\text{CuO}$ ), куприт ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ) и отчасти медь ( $\text{Cu}$ ) и др.

Как видим, пользуясь ключом «Определителя», можно вести минералогический анализ даже в тех случаях, когда об исследуемых минералах ничего, кроме числовых характеристик их линий, неизвестно.

Подводя итоги, нельзя не подчеркнуть преимуществ рассмотренного анализа. К ним прежде всего относятся простота, использование объектов в виде порошков, ничтожное количество необходимого вещества, сохранность вещества после анализа, независимость хода анализа от сложности химического состава исследуемого вещества.

---

<sup>14</sup> Там же, с. 13.

Великая Отечественная война надолго прервала работу над «Рентгенометрическим определителем минералов». В. И. Михеев, защищавший свой родной город от фашистских захватчиков, участвовавший в прорыве блокады Ленинграда и в боевых операциях на Карельском перешейке, смог вернуться к научной и педагогической деятельности лишь в 1946 г. Он заново создал рентгеновскую лабораторию, разрушенную во время войны, и с исключительной энергией принялся за прерванную научную работу. Известие о смерти Анатолия Капитоновича Болдырева, полученное в том же 1946 г., поставило его перед необходимостью продолжить тему, завещанную ему любимым учителем. С неутомимым, поражающим всех упорством и целеустремленностью Виктор Иванович продолжал работать над составлением третьей части «Рентгенометрического определителя минералов». О грандиозности этого поистине титанического труда свидетельствует прежде всего число помещенных в нем минералов, а их насчитывается 905.

Все рентгеновские данные по минералам подвергались предварительно строжайшей проверке и тщательнейшей обработке самим составителем. Незадолго до своей кончины в 1956 г. В. И. Михеев сдал в печать этот важнейший труд, увидевший свет в 1957 г.<sup>15</sup> Вот, что писал сам В. И. Михеев в Предисловии к своей книге: «Определитель представляет собой реализацию идеи профессора А. К. Болдырева и служит продолжением и обобщением первых двух выпусков, вышедших в 1938 и 1939 гг. Здесь в основном сохранены принципы построения Определителя первых двух выпусков, но значительно расширен материал по рентгенометрии минералов. Настоящий выпуск содержит данные для 905 минералов. Главная часть фактического материала собрана по периодической литературе до 1950 г. включительно. Значительную часть составляют новые данные, полученные преимущественно в рентгенометрической лаборатории Ленинградского горного института. Рентгенометрический определитель минералов найдет себе широкое применение не только среди минералогов и кристаллографов, но, как мы надеемся,

---

<sup>15</sup> Михеев В. И. Рентгенометрический определитель минералов. М., Гос. научно-техн. изд-во лит-ры по геол. и охране недр, 1957, 868 с.



и среди металлургов, металловедов, химиков, работников керамической и цементной промышленности и других специалистов».<sup>16</sup>

После смерти В. И. Михеева работа по составлению «Рентгенометрического определителя минералов» не прекратилась. Ее сейчас успешно продолжает ученица Виктора Ивановича, доцент кафедры кристаллографии Ленинградского горного института Эльга Петровна Сальдау. В 1965 г. увидел свет следующий солидный том «Рентгенометрического определителя минералов», начатый В. И. Михеевым и заверченный Э. П. Сальдау.<sup>17</sup> В настоящее время сдан в печать и следующий, третий, том.

В дальнейшем рентгеновский диагноз минералов расширился до расшифровки сложных природных и искусственных минеральных смесей (горные породы, руды, продукты каменного литья и пр.). Этот метод по современной терминологии называется рентгено-фазовым анализом.

Идея А. К. Болдырева о создании метода определения кристаллического вещества с помощью порошкограмм нашла свое развитие и в трудах зарубежных ученых. В 1942 г. появились «Таблицы для идентификации рудных минералов посредством порошкограмм» американца Г. А. Харкарта. В 1944 г. издана «Американская рентгенометрическая картотека» — обширный справочник по рентгенометрии кристаллических веществ, являющийся одновременно и рентгенометрическим определителем. Эта работа оформлена не в виде книги, а в форме картотеки, состоящей из 3928 карточек. Составители «Картотеки» отмечают: «Полностью были использованы также блестящие сводки Харкарта и А. К. Болдырева».<sup>18</sup>

В 1952—1953 гг. вышли в свет «Таблицы для определения минералов с помощью X-лучей» двух португальских авторов — С. Т. Ассуньяго и И. Гарридо. Эталонные дебаегграммы 236 минералов здесь сопровождаются специальным ключом. «Последний является копией ключа

---

<sup>16</sup> Там же, с. 3.

<sup>17</sup> Михеев В. И., Сальдау Э. П. Рентгенометрический определитель минералов. М.—Л., «Недра», 1965, 363 с.

<sup>18</sup> XRDC II. First Supplementary cards of X-ray diffraction data, compiled and published by joint Committee of A. S. T. M. Цит. по: Михеев В. И. Рентгенометрический определитель..., с. 45, 832.

советского Определителя, признанного наиболее рациональным... Схема описания принята такая же, как и в советском Определителе».<sup>19</sup> Как видим, дело, начатое в 30-х годах А. К. Болдыревым и его учениками, превратилось в мощный научный поток, непрерывно растущий и расширяющийся.

Издание уникального труда В. И. Михеева было отмечено в свое время многочисленными зарубежными специалистами. Его книга стала необходимым настольным пособием в рентгеновских лабораториях как в нашей стране, так и за границей.

«Рентгеновский определитель минералов» А. К. Болдырева и В. И. Михеева останется навсегда величественным памятником творческого подвига этих двух выдающихся советских кристаллографов. Однако в отличие от обычных мраморных и бронзовых монументов этот удивительный памятник продолжает жить, развиваться и приносить огромную пользу в деле изучения природных и искусственных каменных богатств.

---

<sup>19</sup> Assunção de C. T., Carrido J. Tables pour la Détermination des Minéraux au Moyen des Rayons X. Цит. по: Рентгенометрический определитель..., с. 54, 823.

### **Курсы кристаллографии и научные работы по кристаллографической систематике, номенклатуре и методике**

Научное творчество А. К. Болдырева теснейшим образом переплетается с его педагогической деятельностью. Будучи профессором Горного института, ученый в первую очередь разрабатывал такие минералогические и кристаллографические темы, которые могли быть успешно использованы на практике его учениками — будущими горными инженерами. К таким именно темам, как мы уже видели, принадлежали созданные им новые методы определения вещества минералов — гониометрический и рентгенометрический.

Выше уже говорилось об исключительном педагогическом таланте Анатолия Капитоновича. Изумительная четкость и строгость изложения, безупречная логическая стройность его лекций поражали слушателей, а основные выдвигавшиеся им положения оставались в памяти на всю жизнь. Разрабатывая свои курсы кристаллографии и минералогии, профессор сразу же осознал необходимость оформить их в виде печатных учебных руководств для студентов. Со своей стороны и студенчество с нетерпением ожидало публикации этих важнейших курсов. Особенно был необходим учебник кристаллографии, в котором были бы отражены новейшие достижения этой науки.

Следует заметить, что в прошлом русская учебная литература насчитывала ряд первоклассных учебников кристаллографии, занимавших почетное место среди лучших публикаций такого рода. Достаточно напомнить о четырех курсах кристаллографии Е. С. Федорова (1891, 1897, 1901, 1910 гг.), ярко отражавших основные этапы

творчества великого ученого, а вместе с тем и важнейшие достижения науки о кристаллах того времени.

В федоровском «Кратком руководстве по кристаллографии» (1891) основное внимание было обращено на геометрическую кристаллографию. Впервые в элементарном учебнике приводились характеристики 32 видов симметрии.

Позднее по пути русского ученого пошел П. Грот, описавший 32 вида симметрии в своей «Физической кристаллографии» (1894). Мало того, Е. С. Федоров в основу своего элементарного курса положил созданное им самим учение о кристаллическом строении (с. 112, 113). Так как это учение сводится в общем к теории решетчатого строения кристаллов, то и упомянутую главу о кристаллической структуре следует признать прототипом вступительных глав к современным учебникам кристаллографии, трактующим роль пространственных решеток в науке о кристаллах. Недаром профессор минералогии Новороссийского университета Р. А. Прендель (1851—1904) называл «Краткое руководство» Е. С. Федорова «учебником будущего».<sup>1</sup>

В 1897 г. вышло в свет второе, значительное переработанное и дополненное издание федоровского учебника под названием «Курс кристаллографии». В нем, помимо раздела геометрической кристаллографии, дано широко развернутое описание «физических свойств кристаллов». В основу главы «Приемы оптического исследования» легли начала федоровского теодолитного метода, базирующегося на изобретении знаменитого универсального столика для микроскопа. Таким образом, параллельно с ростом достижений Федорова рос и его курс, охватывавший теперь, помимо геометрической части, и физическую кристаллографию.

Дальнейшее творчество ученого, связанное с работой над кристаллохимическим анализом, коренным образом отразилось и на содержании курса кристаллографии, результатом чего явилось включение в третье издание специальных глав по кристаллохимии.

---

<sup>1</sup> Шафрановский И. И. Курсы кристаллографии Е. С. Федорова. — В кн.: Кристаллография, вып. 3. Л., Изд-во ЛГУ, 1955, с. 131.

Таким образом, федоровский курс кристаллографии с течением времени видоизменялся и в конце концов принял тот вид, который в общем сохраняется и до настоящего времени в большинстве современных руководств. Он содержит в основном три раздела, посвященных геометрической, физической и химической кристаллографии. Главной задачей последней уже тогда Е. С. Федоров считал «определение структуры тел».

Предвидел великий ученый и выдающуюся роль науки о кристаллах в ближайшем будущем. Он писал: «Кристаллография в последние годы резко меняет свой облик и значение в ряду других наук. Приближается время, когда она становится необходимым пособием не только при изучении минералогии и геологии, как это было раньше, но также физики, химии и особенно физической химии».<sup>2</sup>

Третье издание федоровского курса приобрело в наше время широчайшую известность и до сих пор прочно числится в ряду классических произведений в области кристаллографии. По глубине и оригинальности изложения этот солидный том является столь же характерным для Федорова, как «Основы химии» для Менделеева.

В 1910 г. Е. С. Федоровым был опубликован «Сокращенный курс кристаллографии», последний — четвертый по счету — изданный им курс. Эта книга в сжатом виде дает общее понятие об основных достижениях ее автора. В последней главе — «Определение структуры кристалла по наблюдениям» — излагаются основы кристаллохимического анализа; вместе с тем эта глава вплотную подводит к истокам современной структурной кристаллографии.

Таким образом, четыре учебника Е. С. Федорова не только подводят итоги федоровского этапа в развитии кристаллографии, но и стоят в преддверии новейшей науки о кристаллах.

Заслуживают также внимания руководства по кристаллографии Г. В. Вульфа (1904 г.), Д. Н. Артемьева (1923 г.) и А. В. Шубникова (1923 г.).

В 1912 г. совершилась «величайшая революция в кристаллографии», связанная с открытием М. Лауэ дифрак-

---

<sup>2</sup> Федоров Е. С. Курс кристаллографии. СПб., 1901, с. I, II.

ции рентгеновских лучей в кристаллах.<sup>3</sup> Уже через год, в 1913 г., появились первые расшифровки реальных кристаллических структур, осуществленные с помощью рентгеноанализа У. Г. Брэггом и У. Л. Брэггом. С этого времени стала бурно развиваться современная структурная кристаллография, базирующаяся не на косвенных теоретических построениях, а на непосредственном экспериментальном изучении конкретных кристаллических структур.

В те годы, когда А. К. Болдырев начинал свою педагогическую деятельность, рентгеновская кристаллография была еще очень молодой научной дисциплиной (следует учесть, что ее развитие на несколько лет затормозилось первой мировой войной). И все же достигнутые результаты имели настолько важное значение для кристаллографии, что требовали коренного пересмотра и существенной перестройки прежних учебных руководств. Эту задачу и поставил перед собой А. К. Болдырев, стремясь объединить в своих учебниках незыблемые ценности научного наследия Е. С. Федорова с новыми открытиями в области физической и структурной кристаллографии. Три издания его курса — «Основы кристаллографии» (1926), «Кристаллография» (1930), «Кристаллография», 3-е издание, исправленное и дополненное (1934) — дают представление об упорной работе ученого над развитием и совершенствованием создававшегося им учебника.

Первое литографированное издание его курса 1926 г. представляет собой обработку лекций Анатолия Капитоновича, осуществленную по записям А. М. Болдыревой и Е. А. Преснякова. Этим отчасти объясняется конспективный характер его изложения. Несмотря на 50 лет, прошедшие с момента появления этого издания, авторы настоящей книги хорошо помнят, каким событием для студентов того времени был выход в свет этого долгожданного учебника кристаллографии — сразу отпали многие затруднения, препятствовавшие освоению курса кристаллографии.

В 1930 г. А. К. Болдырев вторично опубликовал свой курс в существенно переработанном и дополненном виде. Сам автор в Предисловии к этому изданию писал: «„Кри-

---

<sup>3</sup> Белов Н. В. Предисловие. — В кн.: Козлова О. Н. «Рост и морфология кристаллов». М., Изд-во МГУ, 1972, с. 5.

сталлография“, находящаяся перед читателем сейчас, лишь частично может считаться вторым изданием упомянутой выше книги (т. е. «Основ кристаллографии», — И. Ш., В. А.)». <sup>4</sup>

К наиболее важным дополнениям нового учебника относится прежде всего большая глава, посвященная гониометрии кристаллов. Ее текст и до сих пор служит отличным пособием для лиц, осваивающих методику гониометрического исследования. А. К. Болдырев подробно описывает федоровский теодолитный гониометр, его поверку, измерение, вычисление и вычерчивание кристаллов, способы точного нахождения символов граней и ребер. Значительно расширен в учебнике отдел физической кристаллографии. По словам самого автора, «целый ряд вопросов отработан... не только по сводным сочинениям, но и по журнальной литературе последнего времени». <sup>5</sup> Значительно дополненной оказалась также химическая кристаллография. «Здесь я излагаю преимущественно работы русских авторов», — отмечает А. К. Болдырев. <sup>6</sup>

Новое издание «Кристаллографии», — третье, исправленное и дополненное — вышло в свет в 1934 г. Основной текст учебника повторяет предыдущую публикацию. «Необходимость срочно выпустить новое издание этой книги не позволила мне переработать ее так, как хотелось бы», — пишет по этому поводу сам ученый. <sup>7</sup>

Такую переработку он думал реализовать в четвертом, так и не осуществленном варианте курса. Вместе с тем третье издание содержит пять обширных дополнений, к рассмотрению которых мы вернемся ниже.

Ознакомимся более подробно с «Кристаллографией» Болдырева с тем, чтобы отметить наиболее характерные особенности этого учебника и его основную целенаправленность. В нашем обзоре мы будем иметь в виду издания 1930 и 1934 гг. Прежде всего приведем цитату из

---

<sup>4</sup> Болдырев А. К. Кристаллография. Л., Изд-во КУБУЧ, 1930. В дальнейшем: Болдырев А. К. Кристаллография, 1930.

<sup>5</sup> Там же, с. 3.

<sup>6</sup> Там же.

<sup>7</sup> Болдырев А. К. Кристаллография. Изд. 3-е, исправленное и дополненное. Ленинград—Москва—Грозный—Новосибирск, ОНТИ НКТП СССР, Гос. научно-техн. горно-геолого-нефт. изд-во, 1934, 431 с.

Предисловия ко второму изданию, в которой сам автор обрисовывает состояние современной ему кристаллографии так, как оно представлялось ему при написании книги и как он хотел отобразить его в своем курсе: «Блестящий период развития геометрии форм и структуры кристаллов был завершен в конце прошлого и в начале нынешнего столетия работами нашего незабвенного учителя Е. С. Федорова, из которых главными являются вывод одновременно с А. Шенфлисом 230 разновидностей симметрии, теория параллелоэдров и кристаллохимический анализ. В начале нынешнего века М. Лауэ совершает свое открытие дифракции рентгенолучей в кристаллах. С этого момента больше чем когда-либо прежде кристаллография теснейшим образом соединяется с физикой и химией и под знаком этого соединения идет ее дальнейшее развитие на наших глазах. И мы все ясно сознаем, что лишь в этом соединении лежит залог ее грядущих достижений.

Разумеется, при этом нельзя забывать, что право на смысл существования кристаллографии как самостоятельной ветви науки заключается в ее геометрической части. Конечную цель нашей науки мы видим в возможном сведении эмпирических законов физики и химии кристаллов к их геометрии».<sup>8</sup>

В курсах кристаллографии А. К. Болдырева наиболее ярко проявилась его склонность к строго логическим построениям, а также к систематизации и классификации трактуемых научных объектов и понятий. Уместно вспомнить, как сам Анатолий Капитонович полушутя говорил о себе, что ему следовало бы родиться во времена Карла Линнея с тем, чтобы помогать великому шведу рационально создавать всеобщую систему природы.

Любовь к строгой системе, гармоничности и равновесию сказалось, в частности, и в самом построении учебника кристаллографии. Следуя Е. С. Федорову, А. К. Болдырев разделил свой курс на три больших отдела — геометрической, физической и химической кристаллографии. При этом он стремился все три раздела сделать равными по объему. В Предисловии ко второму изданию учебника, упоминая о сделанных им дополнениях к разделам физики и химии кристаллов, ученый пишет по этому поводу

---

<sup>8</sup> Болдырев А. К. Кристаллография, 1930, с. 4.



следующие характерные слова: «В результате (дополнений, — И. Ш., В. А.), если геометрическая и физическая части курса оказались приблизительно равными по объему, то химическая часть оказалась в три с лишним раза меньше каждой из двух первых. Таким образом, хотя я и не достиг полного равновесия всех трех ветвей нашей науки в предлагаемом здесь учебнике, но уже приблизился к этому. Современное состояние кристаллографии этого настоятельно требует».<sup>9</sup>

Перейдем далее к обзору содержания болдыревской «Кристаллографии».

Краткое Введение содержит четкие формулировки тех понятий, на которых основывается все дальнейшее изложение. Вот перечень основных понятий с соответственными формулировками.

1. Понятие о кристаллографии: «Кристаллография есть наука о кристаллическом веществе».<sup>10</sup>

2. Понятие о кристалле: «Кристаллами называют тела, находящиеся в природе или получаемые искусственно (например, в лабораториях), которые под влиянием внутренних физико-химических процессов, присущих самому веществу этого тела, получили форму плоскостных многогранников».<sup>11</sup>

3. Понятие о кристаллическом веществе: «То вещество, из которого кристаллы строятся, называется кристаллическим веществом. Оно обладает тремя основными свойствами: 1) однородностью, 2) анизотропностью, 3) способностью самоограняться».<sup>12</sup>

4. Понятие об аморфном веществе: «Аморфным (бесформенным) веществом называется такое однородное вещество, куски которого не способны самоограняться ни при каких условиях».<sup>13</sup>

Далее следует параграф, посвященный распространённости кристаллического вещества. «Твердая материя, — пишет А. К. Болдырев, — вероятно, не менее чем на половину состоит из типичного кристаллического вещества. Оно принимает участие в строении органиче-

---

<sup>9</sup> Там же.

<sup>10</sup> Болдырев А. К. Кристаллография, 1934, с. 9.

<sup>11</sup> Там же.

<sup>12</sup> Там же.

<sup>13</sup> Там же, с. 10.

ского мира, но настоящим его царством является мир неживой природы... Из этого совершенно понятна необходимость изучения свойств кристаллического вещества для каждого нуждающегося в прочном усвоении основ естествознания, а особенно для того, кто имеет дело в своей деятельности с мертвой природой».<sup>14</sup> Последняя фраза несомненно адресована в первую очередь непосредственным ученикам автора — будущим горным инженерам — геологам и горнякам.

Таким образом, пункты Введения хорошо согласуются с теми сведениями, которые приводятся и в современных учебниках кристаллографии. Существенной оговорки требует лишь определение кристалла. В настоящее время это понятие базируется прежде всего на закономерном внутреннем строении кристаллического тела, а не на его внешней форме, обусловленной структурной основой: «Кристаллами называются все твердые тела, в которых частицы (атомы, ионы, молекулы) располагаются закономерно в виде узлов пространственных решеток».<sup>15</sup> Говоря об аморфном веществе, мы сейчас прежде всего подчеркиваем отсутствие в нем структурной пространственной решетки.

Как мы увидим ниже, А. К. Болдырев, подготавливая третье издание «Кристаллографии», в приведенных дополнениях ясно учитывал необходимость на первое место ставить структурную первооснову. Он писал: «Несомненно, что наступило время, когда даже самый элементарный курс кристаллографии не может более обходиться или держаться на втором плане учение о структуре кристаллов по сравнению с учением об их внешних формах».<sup>16</sup> Такая коренная перестройка курса откладывалась им, по-видимому, до четвертого издания. Во всяком случае он с восторгом приветствовал начинание своего талантливой ученика профессора В. В. Доливо-Добровольского, создавшего оригинальный «Курс кристаллографии», всецело построенный на понятиях решетчатого строения кристаллов. После безвременной кончины молодого ученого Анатолий Капитонович принял все меры

---

<sup>14</sup> Там же, с. 10, 11.

<sup>15</sup> Попов Г. М., Шафрановский И. И. Кристаллография. М., «Высшая школа», 1964, 370 с.

<sup>16</sup> Болдырев А. К. Кристаллография. 1934, с. 329.

для того, чтобы этот новаторский курс был до конца оформлен и издан.<sup>17</sup>

Заключительный параграф Введения к болдыревской «Кристаллографии» носит на себе яркий отпечаток творческой личности Анатолия Капитоновича с его склонностью к систематике и классификации. В нем дана интересная попытка расклассифицировать задачи кристаллографии (и науки вообще) по трем группам. Параллельно с этим приводится и своеобразная классификация деятелей науки также по трем категориям (эта тема интересовала ученого и позже; к последним годам его жизни относится неопубликованная рукопись «Пятиступенчатая шкала для приближенной оценки вещей, свойств и явлений», 1946 г.). Приведем цитату, характеризующую подход автора к этим вопросам: «Как и у всякой науки, у кристаллографии можно различить три группы задач.

Первая состоит в собирании отдельных фактов: в описании отдельных кристаллов, в фактическом описании отдельных свойств кристаллического вещества. Сюда относятся, например, зарисовывание форм кристаллов, измерение углов между их гранями, описание оптических свойств, твердости, цвета и т. д. Задача эта проста, ее выполнение вполне доступно рядовым и даже начинающим научным работникам. А между тем добытый здесь добросовестным и умелым наблюдением или опытом материал только и может служить прочным фундаментом всякой истинной науки.

Вторая группа состоит в подведении добытых разрозненных фактов под объединяющие их эмпирические (опытные) закономерности. Таков, например, закон постоянства углов в кристаллах... Открытие таких законов составляет неувядаемую славу лишь крупных деятелей науки.

Наконец, третья группа задач состоит в объяснении всех накопленных отдельных фактов и эмпирических законов, исходя из немногих основных предположений. В кристаллографии сюда относятся теория структуры кристаллического вещества, т. е. построение его из отдельных частиц, теория оптических явлений в кристаллах, уже блестяще разработанные, и, может быть, наме-

---

<sup>17</sup> Доливо-Добровольский В. В. Курс кристаллографии. Л., ОНТИ, 1937, 346 с.

чающаяся в будущем общая теория кристаллического вещества. Создание таких теорий — удел лишь гениев человеческой мысли».<sup>18</sup>

Можно, конечно, спорить относительно, пожалуй, слишком уж резких разграничений научных задач, а также работающих над ними лиц, однако сама попытка ввести порядок и ясность в этот самый сложный вопрос заслуживает внимания.

Из приведенной цитаты видно, что к числу гениев человеческой мысли А. К. Болдырев прежде всего относил своего великого учителя Е. С. Федорова, портреты которого украшают и второе и третье издания «Кристаллографии».

Возвращаясь к тексту последнего параграфа Введения, читаем далее о том, что и свойства кристаллов также подразделяются на три группы: геометрические, физические, химические и физико-химические. Отсюда выясняется и теснейшая связь кристаллографии с геометрией, физикой и химией, а также разделение кристаллографии на геометрическую, физическую и химическую.

Мы не случайно так подробно остановились на Введении к болдыревской «Кристаллографии». В нем четко выражены те основные положения, на которых базируется весь дальнейший текст учебника. Ясно чувствуется здесь и личность самого автора — непогрешимо строгого логика, умело подчиняющего научный материал разработанной им самим рациональной систематике и классификации.

Отдел геометрической кристаллографии подразделяется им на следующие части: 1) кристаллографические проекции; 2) учение о симметрии; 3) формы кристаллов; 4) эмпирические законы; 5) кристаллографические символы; 6) теория структуры кристаллов; 7) гониометрия кристаллов; 8) кристаллохимический анализ.

Сам автор в Предисловии предупреждает, что в его книге не излагается учение о проекциях и опущены выводы 32 видов симметрии, 230 разновидностей симметрии и параллелоэдров. Конспективно изложено и учение о формах кристаллов. По этому поводу ученый пишет: «Как морфологии кристаллов, так и геометрической теории их структуры надлежит отводить подобающее место

---

<sup>18</sup> Болдырев А. К. Кристаллография, 1934, с. 11.

при изложении этой науки, освобождая, однако, этот отдел от излишнего балласта и научной жвачки».<sup>19</sup>

Таким взглядом автора и объясняется конспективность изложения отдельных частей его книги. По его мнению, «при занятиях со студентами эта конспективность легко может быть восполнена каждым преподающим».<sup>20</sup> Однако, по-видимому, причина такого характера изложения связана еще и с тем, что сам автор предполагал впоследствии выпустить специальный курс геометрической кристаллографии. Об этом свидетельствуют следующие его слова: «Более полное и строгое изложение геометрической кристаллографии должно служить темой особого сочинения. В Ленинградском горном институте изложение этой темы выделено в особый курс: *Дополнительные статьи по кристаллографии*».<sup>21</sup>

Частичное осуществление упомянутого замысла мы находим в дополнении к третьему изданию «Кристаллографии», посвященном геометрии пространственных решеток. Остановимся на тех частях геометрической кристаллографии, которые в отличие от перечисленных выше пунктов детально освещены на страницах учебника. К ним прежде всего относится учение о симметрии, в основу которого А. К. Болдырев положил выводы своего первого большого сочинения, рассмотренного в главе IV.

Привлекает внимание глава, где анализируются «эмпирические законы геометрической кристаллографии». К ним отнесены: 1) закон плоскогранности и пряморубности кристаллов; 2) закон постоянства углов на кристаллах (закон Стенона—Ромэ-Делиля); 3) закон рациональности отношений параметров (закон Аюи); 4) закон поясов (закон Вейса); 5) закон кристаллической однородности; 6) закон симметрии («В кристаллах возможны лишь одинарные, двойные, тройные, четверные и шестерные поворотные и зеркально-поворотные оси симметрии»<sup>22</sup>); 7) закон кристаллографических пределов (закон Федорова); 8) законы срастания кристаллов друг с другом.

Небезынтересно отметить то обстоятельство, что законы Аюи и Федорова отнесены А. К. Болдыревым к эмпирическим (т. е. «найденным опытом или наблюдением»),

<sup>19</sup> Там же, с. 4.

<sup>20</sup> Там же.

<sup>21</sup> Там же.

<sup>22</sup> Там же, с. 56.

хотя известно, что они были выведены обоими учеными на основе своих теорий строения кристаллов. Очевидно, Болдырев ставил здесь на первое место не теоретическую догадку, а опытное подтверждение последней на основе огромного фактического материала.

В главе «Геометрические теории структуры кристаллического вещества» заслуживает особого внимания параграф с удивительно ясным и четким изложением понятий, относящихся к 230 разновидностям симметрии кристаллов (федоровским пространственными группам).<sup>23</sup>

Отдел геометрической кристаллографии завершается уже упоминавшейся выше обширной главой, относящейся к гониометрии кристаллов. В виде концовки к ней дается краткое изложение сущности федоровского кристаллохимического анализа.

Второй отдел учебника, посвященный физической кристаллографии, подразделяется на следующие части: 1) оптика кристаллов; 2) рентгенометрия кристаллов; 3) механические свойства кристаллов; 4) тепловые свойства кристаллов; 5) магнитные свойства кристаллов; 6) электрические свойства кристаллов.

Все эти главы, как уже отмечалось, составлялись с привлечением обширных материалов из новейшей литературы того времени. С поразительной тщательностью и добросовестностью автор разворачивает перед читателем детальный обзор состояния физической кристаллографии с учетом самых последних ее достижений. Для того чтобы составить представление о том, насколько подробно изложены вопросы этого отдела, приведем заголовки десятка параграфов, относящихся к рентгенометрии кристаллов: 1) общие сведения о рентгеновских лучах; 2) открытие Лауэ; 3) опыты Брэггов; 4) формула Брэгга—Вульфа; 5) определение вида структуры кристалла; 6) определение абсолютных расстояний атомов в кристаллах по Брэггам; 7) теория структуры кристаллов по Брэггам; 8) метод Дебая—Шеррера; 9) метод Лауэ; 10) значение рентгенометрии кристаллов. Перечисленные параграфы давали достаточно полную картину успехов кристаллографической рентгенометрии тех лет.

Заканчивая разбор второго отдела «Кристаллографии», нельзя не отметить того, что огромное число вопросов,

---

<sup>23</sup> Там же, с. 78—86.

рассмотренных здесь А. К. Болдыревым, впервые появляются в курсе элементарной кристаллографии.

В последней — третьей — части курса рассматривается химическая кристаллография. Здесь А. К. Болдырев затрагивает вопросы, «стоящие на границе кристаллографии с общей и физической химией». К ним относятся: 1) соотношения между химическим составом вещества и его кристаллической формой; 2) химическое и кристаллическое строение; 3) полиморфизм; 4) процессы образования и растворения кристаллов; 5) кристаллография и определение химических веществ.

Анализируя содержание соответствующих параграфов, мы видим, с какой необычной быстротой за прошедшие с тех пор сорок лет развивалась новейшая кристаллохимия. Ведь в наши дни А. К. Болдырев не только смог бы без всякого труда довести объем раздела химической кристаллографии до объемов геометрического и физического разделов, но, пожалуй, должен был бы и многое сократить из него с тем, чтобы он не превысил объема двух предыдущих разделов книги.

В конце третьей части курса рассматриваются «способы определения веществ, основанные на кристаллографии». Это кристалломорфологические, кристаллооптические, рентгенометрические и кристаллохимические методы анализа. Среди них мы находим сведения и о созданных самим автором уже изложенных выше методах кристаллографического и рентгенометрического диагнозов.

В конце третьего издания курса «Кристаллографии» имеются следующие дополнения.

1. Новая классификация, номенклатура и обозначения 32 видов симметрии, предложенная Федоровским институтом.
2. Теория пространственной решетки.
3. Описание универсального столика Федорова и основных методов работы с ним.
4. Описание склерометра Мартенса и работы с ним.
5. Учение об атомных и ионных радиусах.

Отмечая несколько случайный выбор этих дополнений, автор вместе с тем добавляет: «Все же кажется, что заполненные здесь пробелы основного текста являются первоочередными».<sup>24</sup> Аргументируется это тем, что «глав-

<sup>24</sup> Там же, с. 329.

ный упор в этих дополнениях сделан на структурную кристаллографию».<sup>25</sup>

Действительно, самым крупным дополнением является текст, посвященный подробному выводу четырнадцати решеток Браве, вычислению межплоскостных расстояний и плотностей сеток, а также другим вопросам, связанным с теорией решетчатого строения кристаллов.

Доводы в пользу публикации этого обширного дополнения А. К. Болдырев формулирует следующим образом: «Отчетливые сведения по рентгенометрии кристаллов становятся все более необходимыми минералогу и геологу-разведчику, так же как они необходимы физику, химiku, металлургу. А отчетливое понимание выводов рентгенометрии невозможно без основательной проработки математической теории структуры кристаллических веществ».<sup>26</sup>

Особый интерес автора учебника к структурной кристаллографии и тесно связанной с ней только что зародившейся кристаллохимии заставил его ввести в качестве дополнений ряд параграфов, посвященных атомным и ионным радиусам в кристаллах. Так, А. К. Болдырев знакомит читателей своего курса с самыми последними научными достижениями того времени, сообщая о только что вышедших работах В. М. Гольдшмидта, Л. Паулинга (Полинга) и др. Само собой разумеется, что такое дополнение существенно обогатило раздел химической кристаллографии в основном тексте учебника.

Третье дополнение содержит описание основных приемов микроскопического исследования кристаллов с помощью универсального столика Федорова. Следует заметить, что сам А. К. Болдырев был непревзойденным знатоком и мастером этого метода.

Подробный анализ содержания «Кристаллографии» А. К. Болдырева показывает, что этот замечательный учебник давал на самом высоком уровне чрезвычайно полную и широкую картину состояния кристаллографии того времени. Отдельные части курса (в особенности главы, посвященные физической кристаллографии) могут служить не только учебным пособием, но и ценным научным справочником, зачастую дающим исчерпывающее пред-

---

<sup>25</sup> Там же.

<sup>26</sup> Болдырев А. К. Кристаллография, 1930, с. 329.



ставление о трактуемом вопросе. До сих пор студентам, изучающим гониометрию, в качестве незаменимого руководства рекомендуется глава о гониометрии из «Кристаллографии» А. К. Болдырева.

Нельзя не отметить исключительно ясного и четкого изложения материала курса. Сам Анатолий Капитонович нередко утверждал, что при написании научного текста не следует чрезмерно гоняться за красотой и изяществом стиля. По его мнению, ничего предосудительного нет, например, в том, если одно и то же слово повторяется в соседних фразах, а иногда и в одном предложении, если только этого требует ясность выражения мысли. Точность, четкость и логичность при максимальной простоте и краткости изложения — вот то, чего добивался ученый в своих сочинениях.

В нашей стране «Кристаллография» Болдырева долгое время пользовалась большим успехом не только среди студенчества, но и в кругах ученых специалистов. Впоследствии она заняла почетное место среди навсегда сохраняющих свое историческое значение лучших курсов кристаллографии, как отечественных (Е. С. Федорова, Г. В. Вульфа), так и зарубежных (П. Грота, П. Ниггли).

Для современных составителей учебных руководств «Кристаллография» А. К. Болдырева является первоклассным образцом, во многом сохраняющим свою актуальность и поныне. В 1934 г. был опубликован испанский перевод болдыревского курса, выполненный почитателем ученого, известным кристаллографом Кандель Вилла.

После ознакомления с «Кристаллографией» А. К. Болдырева уместно вспомнить об его публикациях, непосредственно связанных с работой над курсом. К ним прежде всего относится немецкая статья 1925 г. о кристаллографической номенклатуре.<sup>27</sup> Ее появление связано с тем, что в 1924 г. по инициативе А. К. Болдырева был проведен ряд заседаний Федоровского института с целью разработки единой рациональной кристаллографической номенклатуры. Это мероприятие было вызвано разнообразием, имевшем место в научной литературе в названиях простых кристаллографических форм, видов симметрии и

---

<sup>27</sup> Boldirew A. K. Die vom Fedorow Institut angenommene kristallographische Nomenklatur. — Z. Kristallographie, 1925, Bd 6, Hft 1/2, S. 145—150.

даже сингоний. Наибольшим распространением в то время пользовалась номенклатура Федорова—Грота, однако и она не была общепринятой и, кроме того, нуждалась в существенных упрощениях.

В заседаниях Федоровского института принимали участие следующие видные советские кристаллографы, минералоги и петрографы — О. М. Аншелес, Д. С. Белянкин, А. К. Болдырев, Г. В. Вульф, А. Н. Заварицкий, В. Н. Лодочников, В. В. Никитин, Б. П. Орелкин, С. С. Смирнов, В. И. Соколов, А. В. Шубников и другие. Из Германии прислал свои замечания знаменитый П. Грот. В обсуждениях также принимал деятельное участие крупный специалист по древнегреческому языку профессор А. И. Малеин.

В результате была выработана та кристаллографическая номенклатура, которая по названиям сингоний и простых форм сохранилась до сих пор и принята подавляющим большинством авторов отечественных руководств по элементарной кристаллографии.

Ниже приведены названия 47 простых кристаллографических форм по старой номенклатуре Грота и новой номенклатуре Федоровского института.

Сравнение старых и новых названий свидетельствует о значительном и рациональном упрощении терминов.

В 1958 г. во Французском минералогическом обществе два ведущих зарубежных кристаллографа И. Д. Х. Доннэй и Х. Кюрьен снова подняли вопрос о необходимости установления единой номенклатуры для 47 простых кристаллографических форм. В начале своего выступления они заявили: «Принципы, на которых должна основываться удовлетворительная терминология форм, известны. Мы этим обязаны главным образом Гроту и кристаллографам Федоровского института».<sup>28</sup> Термины упомянутых кристаллографов, за немногими исключениями, почти в точности совпадают с номенклатурой Федоровского института. В заключение своего выступления И. Д. Х. Доннэй и Х. Кюрьен отмечали: «Описанная здесь номенклатура за последние 20 лет приобрела много приверженцев. Она используется с некоторыми незначительными вариан-

---

<sup>28</sup> Donnay J. D. H. Standartation de la nomenclature des 47 formes cristallographiques. — Bull. Soc. franç. Mineral. et Cristallogr., 1958, v. 81, № 10—12, p. XLIII.

Старые названия (по Гроту)		Новые названия (номенклатура Федоровского института)	
Педион		Моноэдр	
Сфеноид	}	Диэдр	
Дома			
Пинакоид			
Ромбическая	}	призма	
Тригональная			
Дитригональная			
Тетрагональная			
Дитетрагональная			
Гексагональная			
Дигексагональная			
Ромбическая	}	пирамида	
Тригональная			
Дитригональная			
Тетрагональная			
Дитетрагональная			
Гексагональная			
Дигексагональная			
Ромбическая	}	дипирамида	
Тригональная			
Дитригональная			
Тетрагональная			
Дитетрагональная			
Гексагональная			
Дигексагональная			
Дисфеноид		Ромбический тетраэдр	
Тетрагональный дисфеноид		Тетрагональный тетраэдр	
Ромбоэдр			
Тригональный	}	трапецоэдр	
Тетрагональный			
Гексагональный			
Тетрагональный скаленоэдр		Дитетрагональный скаленоэдр	
Дитригональный скаленоэдр		Дигексагональный (дитриго- нальный) скаленоэдр	
Тетраэдр		(правильный) Тетраэдр	
Триакистетраэдр		Тригон-тритетраэдр	
Дельтоиддодекаэдр		Тетрагон-тритетраэдр	
Тетраэдрический пентагондодекаэдр		Пентагон-тритетраэдр	
Гексакistetраэдр		Гексатетраэдр	
Ромбододекаэдр			
Пентагондодекаэдр			
Диакисдодекаэдр		Дидодекаэдр	
Октаэдр			
Триакисоктаэдр		Тригон-триоктаэдр	
Икоситетраэдр		Тетрагон-триоктаэдр	
Пентагоникоситетраэдр		Пентагон-триоктаэдр	
Гексакисоктаэдр		Гексоктаэдр	
Гексаэдр			
Тетракигексаэдр		Тетрагексаэдр	

тами на языках немецком, английском, испанском, итальянском, голландском, русском. Думается, что она послужит хорошей основой для предполагаемой дискуссии, посвященной интернациональной согласованности в данном вопросе».<sup>29</sup> Читая эти строки, мы должны помнить, что истинным инициатором появления обновленной номенклатуры является Анатолий Капитонович Болдырев.

В тесной связи с предыдущей публикацией находится небольшая статья А. К. Болдырева, относящаяся к 1936 г., где рассматривается вопрос о том, сколько простых форм существует на кристаллах — 47 или 48.<sup>30</sup> Число простых гранных форм на кристаллах было установлено далеко не сразу. Камнем преткновения в этом вопросе был диэдр, являющийся общей простой формой в двух видах симметрии моноклинной сингонии — аксиальном ( $L_2 - 2$ ) и планальном ( $P - m$ ). Поэтому различали два диэдра — диэдр осевой, или сфеноид, и диэдр безосный, или дому, причем некоторые авторы считали их за две разные простые формы. При таком подходе получалось не 47, а 48 простых форм.

На упомянутых заседаниях Федоровского института был принят единый термин «диэдр», предложенный Г. В. Вульфом. Здесь же было окончательно установлено, что существует всего 47 простых гранных форм. Несмотря на это, американский ученый А. Роджерс в 1936 г. снова воскресил термины «сфеноид» и «дома» и высказался в пользу существования 48 форм. В своей статье А. К. Болдырев решительно доказал ошибочность взглядов А. Роджерса и четко сформулировал основные требования, предъявляемые к классификации простых форм.

Согласно А. К. Болдыреву, две простые формы различны, если они отличаются числом граней, их очертаниями или взаимным расположением. Формы, обладающие одними и теми же указанными свойствами, принадлежат к одному сорту многогранников, т. е. к одной простой форме. При этом симметрия таких многогранников не принимается в расчет: учитывается только геометрия формы. Так, например, диэдрами называются все простые формы, состоящие из двух одинаковых пересекающихся граней независимо от их симметрии. При таком подходе подсчет простых форм в кристаллографии приводит

<sup>29</sup> Там же.

<sup>30</sup> Boldirew A. Are there 47 or 48 simple forms possible on crystals? — J. Amer. Mineral., 1936, v. 21, No. 11, p. 731—734.

к числу 47. Так окончательно и бесповоротно А. К. Болдыревым был решен давнишний кристаллографический спор.

Болдыревская статья явилась толчком для дальнейшего развития теоретического учения о гранных формах кристаллов. Впоследствии ученик А. К. Болдырева — Г. Б. Бокий — показал, что, если учитывать симметрию форм, а не только их геометрическую конфигурацию, то можно говорить о существовании 146 кристаллографических разновидностей простых форм.<sup>31</sup> Еще позднее, также последователем и сотрудником Анатолия Капитоновича, одним из авторов этой книги, были выделены 1403 структурные разновидности кристаллографических простых форм с учетом расположения их граней относительно элементов бесконечной симметрии 230 пространственных федоровских групп.<sup>32</sup>

Таким образом, небольшая, но исключительно важная по значению статья А. К. Болдырева явилась источником нового течения в теоретической кристалломорфологии.

В 1934 г. Анатолий Капитонович вместе с В. В. Доливо-Добровольским выступил в Федоровском институте с предложением разработать рациональную классификацию, номенклатуру и обозначения 32 видов симметрии. Результаты этой работы изложены в специальной статье упомянутых авторов, а также в первом дополнении к третьему изданию «Кристаллографии».

В прежней классификации видов симметрии по сингониям имелся существенный недостаток: виды с шестерной зеркально-поворотной осью относились к тригональной сингонии. Этот недостаток легко устраняется заменой зеркально-поворотных осей инверсионными осями: оба вида с шестерной инверсионной осью находятся в гексагональной сингонии. В связи с этим авторы статьи предложили ввести в научную и педагогическую практику инверсионные оси симметрии и отказаться от зеркально-поворотных осей.

Переходя к номенклатуре видов симметрии, А. К. Болдырев и В. В. Доливо-Добровольский отметили недостатки федоровско-гротовской номенклатуры, использующей для

---





























<sup>31</sup> Бокий Г. Б. Число физически различных простых форм кристаллов. — Тр. Лабор. кристал. АН СССР, 1940, № 2, с. 13.

<sup>32</sup> Шафрановский И. И. Формы кристаллов. — Тр. Ин-та кристал. АН СССР, 1948, вып. 4, с. 13—166.

наименования видов симметрии названия соответственных общих простых форм. Один из таких недостатков нам уже известен: для двух видов симметрии моноклинной сингонии ( $L_2-2$ ;  $P-m$ ) общей формой является одна и та же простая форма — диэдр, в связи с чем к наименованию видов симметрии приходилось добавлять данные об их симметрии ( $L_2-2$  — диэдрический осевой вид симметрии;  $P-m$  — диэдрический бесосный вид симметрии). Для устранения таких неудобств создатели новой номенклатуры предложили принять за ее основу порождающие элементы симметрии (т. е. такие элементы, задание которых необходимо для вывода всех остальных). Эти предложения были оформлены в виде специальной таблицы.

В наши дни эта таблица хорошо известна всем изучавшим элементарную кристаллографию по современным учебникам. По сути дела она представляет собой одновременно и вывод 32 видов симметрии. Горизонтальные строки соответствуют здесь сингониям, а вертикальные колонки — сходным видам симметрии. Простейшие виды симметрии, содержащие лишь одни «главные» оси симметрии, расположены в столбце «Примитивный». Добавляя к ним центр инверсии, выводим «центральные» виды симметрии. Присоединение к «примитивным» видам вертикальной плоскости симметрии приводит к «планальным» видам симметрии. Добавка двойной оси, перпендикулярной к главной оси, образует «аксиальные» виды симметрии и т. д. Все эти названия столбцов, их расположение, разбивка по сингониям, сохранились и в современных таблицах, объединяющих 32 вида симметрии. Пользуясь ими, мы все время с благодарностью должны вспоминать имена двух их авторов — Анатолия Капитоновича Болдырева и его преданного ученика и помощника Вадима Владимировича Долово-Добровольского. Стремясь до конца рационализировать кристаллографическую номенклатуру, оба ученых предложили изменить также и название сингоний, именуя их по исходным осям (гирам). В итоге получились следующие названия сингоний:

триклинная — агирная  
 моноклинная — моногирная  
 ромбическая — дигирная  
 тригональная — тригирная  
 тетрагональная — тетрагирная  
 гексагональная — гексагирная  
 кубическая — полигирная

Добавочные оси [Ladnye osi] (ladni)	Виды симметрии Сингонии		$(G_1 = -)$ Противоположные	$(G_{1i} =) c$ Центральные	$(G_{2i} =) p$ Плоскостные	$(G_2 =) a$ Аксиальные	$(G_2 =) a$ $(G_{2i} =) p$ Плоскостные	$(G_1 = -)$ Противоположные	$(G_2 =) a$ или $(G_{2i} =) p$ Плоскостные	Ладные оси по [ladni]
$G_0$ или $G_1$ Агирная Моногирная	1		2		3		4		5	
$G_2$ Дигирная	см. 4		см. 5		6		7		8	
$G_3$ Тригирная	9		10		11		12		13	
$G_4$ Тетрагирная	14		15		16		17		18	
$G_6$ Гексагирная	21		22		23		24		25	
$G_3 G_3$ Полигирная	28		29		30		31		32	

32 вида симметрии. Рисунок из книги А. К. Болдырева «Кристаллография». 1934 г.

Однако новые названия сингоний не прижились. Слишком уж привычными для кристаллографов были давно утвердившиеся старые наименования. В настоящее время в учебниках кристаллографии таблица Болдырева — Доливо-Добровольского дается в несколько измененном виде. Вертикальные столбцы сохраняют те названия, которые им дали оба автора, горизонтальные же строки обозначаются старыми названиями сингоний.

Здесь невозможно рассмотреть все публикации А. К. Болдырева, связанные с теми или иными вопросами, затронутыми в его курсах. К ним, например, относится сообщение об изобретенных им приборах и простейшей — полярной — сетке, предназначенных для работы со стереографическими проекциями (предложенная им сетка используется и сейчас под названием «сетка Болдырева»).

Результаты разработки гониометрической методики нашли свое отражение в мемуаре «Кристаллографическое исследование чевкинита» (1925 г.), а позднее в конце жизни ученого были подробно изложены в большой статье, посвященной гониометру В. Гольдшмидта. В этой работе, появившейся в печати уже после смерти автора, дано детальное описание конструкции гониометра Гольдшмидта, но главное внимание уделено строго последовательному, систематическому изложению проверок прибора. Хорошее знание теории оптических приборов и механизмов позволило Анатолию Капитоновичу создать предельно стройную методику работы с прибором, обеспечивающую высокую точность измерения кристаллов. Им также детально были изучены и описаны приемы работы с рефрактометром Аббе (1933 г.).

Неоднократно возвращался ученый и к вопросам структурной кристаллографии. Вот, например, наиболее известные его статьи: «Эволюция учения о кристаллическом состоянии вещества» (1929 г.), «Строение кристаллического вещества» (1931 г.), «Атомные и ионные радиусы в кристаллах» (1936 г.) и др. Во всех этих работах, так же как и в «Курсах кристаллографии», мы видим гармоническое сочетание выдающегося ученого-новатора и замечательного педагога, всегда умеющего в ясной, общедоступной и вместе с тем в строго научной форме изложить сложнейшие вопросы современного естествознания.



### **Работы по минералогии и их выдающееся значение в советской науке**

В предыдущих главах показано, что А. К. Болдырев выступает в науке прежде всего как выдающийся советский кристаллограф. Кристаллография на протяжении всей его жизни была основной областью его научного мышления.

Вторым главнейшим направлением научных интересов А. К. Болдырева на всем протяжении его научной и педагогической деятельности была минералогия. Исключительно широки и многообразны проблемы этой науки, попадающие в поле зрения ученого.

В той или иной степени вопросы минералогии затрагиваются почти во всех без исключения трудах А. К. Болдырева. Но если попытаться сделать количественные подсчеты, то можно будет убедиться, что по крайней мере в 30 его печатных работах, т. е. приблизительно в одной трети от их общего числа, капитально рассматриваются те или иные теоретические и практические стороны этой науки.

Сам А. К. Болдырев весьма четко определил тот исторический отрезок времени развития минералогии в нашей стране, на который приходится его основная научная деятельность, и то направление, по которому развивалось его минералогическое научное творчество. В третьем выпуске «Курса описательной минералогии» (1935 г.) он так определяет это направление (с. 3): «Направление минералогической мысли, которое ведет свое начало от классических описаний Кокшарова, продолжается Еремеевым и Лебедевым, существенно модифицируется затем гениальным творчеством Федорова и осуществляется в первое 20-летие текущего века высокой и увлекательной поста-

мовкой преподавания минералогии В. В. Никитиным и научными работами его и его многочисленных учеников».

В своих минералогических работах А. К. Болдырев был не только строго последовательным сторонником этого направления. Всем своим научным творчеством он продолжает активно развивать это направление и в 20-х — 40-х годах нашего столетия становится общепризнанным главой его, оставаясь ею почти до самой смерти. В процессе развития минералогической школы Горного института, школы Кокшарова — Еремеева — Федорова — Никитина, он вносит в нее много своего собственного, вытекающего из особенностей его научного мышления.

В минералогическом творчестве А. К. Болдырева можно выделить четыре главных направления его научных интересов.

1. Теоретические вопросы минералогии — изоморфизм, полиморфизм и минералообразующие процессы, химическая конституция и структура минералов.

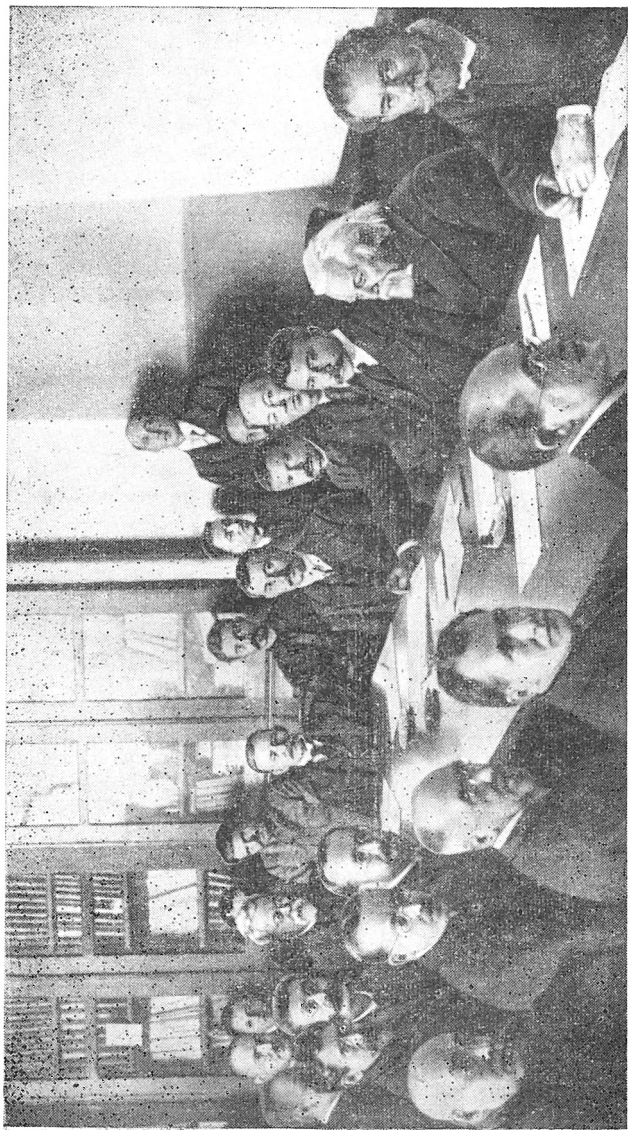
2. Определение минералов, базирующееся на количественно точных кристаллографических характеристиках минералов, — гониометрический и рентгенометрический методы диагноза.

3. Методология преподавания минералогии. Учебники и курсы минералогии.

4. Проблемы высшей минералогии. История минералогии.

В каждом из этих направлений Болдыреву удалось сказать свое особое слово; многие из его минералогических трудов стали руководящими в отечественной науке и создали благоприятную почву для дальнейшего плодотворного развития ее отдельных сторон. Все это с полным основанием позволяет говорить о создании А. К. Болдыревым своей собственной минералогической школы, к которой в настоящее время принадлежит большое число ученых — его учеников и последователей.

Выше, в главе IV, мы уже отмечали, что основной период научной деятельности А. К. Болдырева приходится на тот отрезок времени, когда в науке о минералах параллельно и плодотворно развивалось несколько научных школ: минералого-философская школа академика В. И. Вернадского — глубокого осмысливания природных явлений с естественноисторических позиций — и школа страстного исследователя и ценителя минералов, роман-



А. К. Болдырев — участник I съезда минералогов. 1927 г.

Сидят вокруг стола справа против часовой стрелки: проф. Л. Л. Иванов, акад. А. П. Карпинский, проф. А. К. Болдырев, акад. А. Е. Ферсман, —, —, проф. В. И. Крыжановский (*стоит*), —, проф. В. Н. Чирвинский, —, акад. Ф. Ю. Левинсон-Лессинг, —, акад. В. И. Вернадский, проф. П. П. Пилипенко, —, проф. Б. П. Кротов (*сзади*), проф. К. К. Матвеев, проф. А. А. Ткачурелидзе, проф. С. М. Курбатов, А. В. Николаев (*сбоку*), проф. П. П. Сущинский, проф. П. Л. Драверт, проф. Н. И. Безбородько.

тика-минералога академика А. Е. Ферсмана. С полным основанием минералогическую школу, созданную А. К. Болдыревым, можно именовать школой минералогической систематики, школой строго логического описания и рассмотрения всех явлений, связанных с рождением и бытием минералов в земной коре.

Выдающийся ученик А. К. Болдырева, ныне профессор минералогии Ленинградского горного института Д. П. Григорьев дает яркую характеристику своему учителю как минералогу и определяет место его научного творчества в минералогической науке: «Получив от природы дар строгого логического мышления, отмеченный уже у молодого А. К. Болдырева его великим учителем Е. С. Федоровым, новый руководитель этого важного научного течения накладывает отпечаток своего таланта на издавна формирующееся направление мысли и придает этому течению новые черты. Сразу же завоеванный им большой научный авторитет, высокие личные качества, прежде всего неуклонная принципиальность, положение профессора старейшей высшей технической школы Горного института — невольно создавали то влияние на научные интересы и методы исследования, на преподавание минералогии у многих ученых, которые справедливо называть болдыревской школой в нашей науке. Конечно, А. К. Болдырев вместе с тем широко распространял традиции своих выдающихся предшественников».<sup>1</sup>

Перейдем к краткому обзору научного творчества А. К. Болдырева в области минералогии.

### **Теоретические вопросы минералогии**

В том или ином аспекте теоретические вопросы минералогии рассматриваются А. К. Болдыревым в большинстве его научных трудов, посвященных минералогии. И независимо от того, какого характера эти труды, — описание ли отдельных минералов, минеральных ассоциаций или минералогии целых месторождений, обсуждение общих и частных проблем генезиса минералов или составление сводных и обобщающих работ — красной нитью через все его

---

<sup>1</sup> Григорьев Д. П. Минералогическая школа А. К. Болдырева. — Зап. ВМО, 1964, ч. 93, вып. 2, с. 163, 164.

минералогическое творчество проходят идеи систематизации, классификации и номенклатуры. В этом отношении все работы ученого, рассматривающие те или иные вопросы теоретической минералогии, весьма тесно переплетаются с третьим направлением его научного творчества в области минералогических наук — созданием оригинальных курсов и учебников, где в наиболее полном виде находят свое отражение его теоретические выводы и обобщения. В связи с этим часто весьма трудно и в значительной мере условно распределение минералогических работ А. К. Болдырева по отдельным направлениям его минералогического научного творчества, и в особенности, их разделение между вторым и третьим направлениями по нашей классификации.

В А. К. Болдыреве одновременно сочетались высокая организованность ученого и строгая последовательность педагога высшей школы. Разрабатывавшиеся им теоретические проблемы минералогии всегда были самым тесным образом связаны с глубоко продуманной методикой преподавания науки, что придавало ему как ученому и педагогу поразительную целостность натуры.

Все теоретические работы Болдырева неизменно опираются на тщательно обработанный и осмысленный фактический материал. Он придает исключительное значение описательной минералогии, поскольку только она может быть твердой фактической основой любых — частных и общих — теоретических выводов и обобщений.

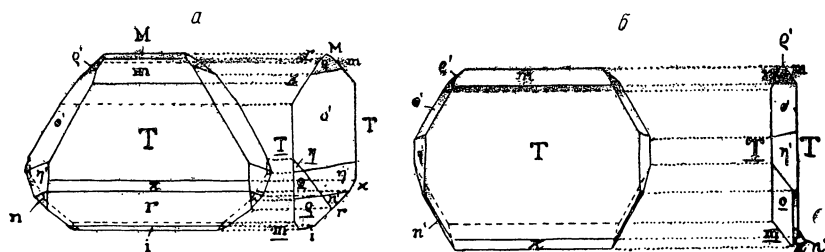
Во всех своих работах описательного характера А. К. Болдырев дает прекрасные (естественно, для своего времени) образцы того, как надлежит обрабатывать, описывать и преподносить читателю фактический минералогический материал. Примерами тому могут служить глубокие и тонкие исследования кристаллографии чевкинита, апатита, берилла, платины (образующейся на стенках керамических лодочек при термических исследованиях), класситерита и других минералов, химической конституции слюд, нагиагита, минералого-генетические исследования полевых шпатов, берилла и ряда других минералов, изучение физических свойств вольфрамитов (изоморфного ряда вольфраматов железа и марганца) и многие другие. По тщательности изучения и полноте описания многие из этих работ могут быть отнесены к категории классических.

Кристаллографическое исследование чевкинита, опубликованное А. К. Болдыревым в 1924 г., представляет выдающийся научный интерес. Этот минерал впервые был обнаружен в 1839 г. на Урале, в знаменитом минералогическом заповеднике Ильменских горах и назван в честь видного русского общественного деятеля в области горного дела первой половины XIX в., начальника Корпуса горных инженеров К. В. Чевкина.

Чевкинит — минерал сравнительно редкий, состава  $(\text{Ce}, \text{La})_2\text{Ti}_2\text{O}_4 [\text{Si}_2\text{O}_7]$ , по современной кристаллохимической классификации относящийся к силикатам со сдвоенными группами  $[\text{Si}_2\text{O}_7]$ , — до Болдырева не имел достоверной кристаллографической характеристики. Единственное описание этого минерала с Мадагаскара, сделанное в 1915—1916 гг. А. Лакруа и Г. Унгемахом, было весьма несовершенным.

А. К. Болдыревым были изучены кристаллы чевкинита из Ильменских гор на Урале. Предварительно большой коллекционный материал (более 80 кристаллов) был тщательно разобран и расклассифицирован на 5 категорий по степени совершенства образований кристаллов; 5 лучше всего образованных кристаллов были подвергнуты им детальнейшему, всестороннему кристаллографическому изучению. Отобранные кристаллы измерялись на теодолитном гониометре, выяснялась относительная эмпирическая важность отдельных граней, производились скрупулезнейшие вычисления кристаллов в двух наиболее вероятных установках — триклинной и моноклинной, изучались фигуры травления, производилось оптическое исследование чевкинита и продуктов его изменения. Полученные фактические материалы были тщательно и обстоятельно сопоставлены с данными А. Лакруа и Г. Унгемаха. В результате исследования А. К. Болдырев пришел к окончательному выводу о принадлежности чевкинита к моноклинной сингонии.

На примере чевкинита ученым была показана методика практического использования федоровского «Царства кристаллов» для определения места минерала в минеральном царстве. С этой целью Болдыреву пришлось вычислить два варианта «символа комплекса», из которых вариант в тетрагоналоидной установке оказался «верным», он показал своеобразное, не сопоставимое с другими минералами положение чевкинита в минеральном царстве. Вместе с тем,



*Зарисовка кристаллов чевкинита, изученных А. К. Болдыревым.*

Кристаллы: а — толстотаблитчатый, б — таблитчатый.

подметив сходство чевкинита по габитусу и комбинациям простых форм с ортитом, ученый пришел к выводу о вероятной морфотропии (под этим термином в современной кристаллографии понимается явление изменения типа кристаллической структуры и внешнего ее проявления в зависимости от изменения химического состава), а не изоморфности обоих минералов. Выявилась значительная удаленность чевкинита от титанита и иттротитанита в противоположность тому, что предполагалось ранее.

Кристаллографическая и оптическая характеристики чевкинита, полученные Болдыревым, впоследствии были признаны классическими и вошли во все известные кристаллооптические справочники.

Данные рентгеноструктурного исследования чевкинита, проведенные более чем через четверть века после Болдырева, показали близость рентгенометрического отношения осей ( $a_0 : b_0 : c_0 = 2.230 : 1 : 1.928$ ,  $\beta = 100^\circ 45'$ ) к гониометрическому, выведенному А. К. Болдыревым ( $a : b : c = 2.246 : 1 : 1.925$ ,  $\beta = 100^\circ 08'$ ). В известных минералогических таблицах Штрунца<sup>2</sup> чевкинит выделен в самостоятельную группу, находящуюся в близком соседстве с группой эпидота-цоизита, к которой, как известно, принадлежит и ортит (алланит); чевкинит весьма удален от титанита (сфена), относящегося к силикатам с изолированными группами  $[\text{SiO}_4]$  и дополнительными ионами.

Исключительная наблюдательность была проявлена Анатолием Капитоновичем при исследовании термических

<sup>2</sup> Strunz H. Mineralogische Tabellen, Leipzig, 1970.

свойств уральских мартитов. В небольшой заметке 1930 г. им с поразительной, чисто болдыревской, скрупулезностью были тонко кристаллографически описаны мельчайшие кристаллики платины, сублимирующей от проволоки электрической печи на стенках фарфоровой лодочки при прокаливании последней до 1100—1150°. Наблюдавшееся явление представляет, помимо всего, большой генетический интерес, так как проливает свет на генезис платины в природе.

При геолого-минералогических исследованиях Лебяжинского рудника на Урале внимание А. К. Болдырева привлекли апатиты, в изобилии встречающиеся среди руд этого месторождения и до того никем не описанные. Подробное кристаллографо-минералогическое описание лебяжинских апатитов составило предмет специальной монографии, опубликованной в 1930 г. В ней описание проводится по строго выдержанному плану: 1) морфология минерала с тщательным гониометрическим измерением его кристаллов; 2) физические свойства с пикнометрическим определением удельного веса минерала и точным измерением показателей преломления; 3) химические свойства — два хорошо выполненных химических анализа, которые показали содержание в лебяжинских апатитах редких земель в количестве 1.05—1.54% с преобладанием элементов цериевой группы (химические анализы были подробно обсуждены и в итоге выведены точные формулы минерала); 4) геология минерала — генезис, парагенетические соотношения апатита с сопутствующими минералами и возрастное положение его среди других минералов; процессы разрушения минерала; 5) экономика лебяжинского апатита со специальным подсчетом количества редких земель, содержащихся в фосфористых железных рудах месторождения, а также предложения по технологии извлечения апатитов из магнетитовых руд.

По аналогичному же плану, но с меньшей подробностью были изучены также апатиты Высокогорского месторождения магнетита, но в нем апатит является сравнительно редким минералом. При изучении лебяжинских и высокогорских апатитов А. К. Болдырев особо выделил два вопроса теоретического характера: 1) зависимость кристаллографических констант и физических свойств апатита от химического состава и 2) разделение апатитов на отдельные минеральные виды.



Для выяснения первого вопроса ученый подверг обстоятельной экспериментальной проверке два известных правила Н. И. Кокшарова — об уменьшении полярного расстояния нормали к грани основной гексагональной дипирамиды с повышением содержания хлора и Н. А. Пузыревского — об убывании удельного веса апатитов с повышением содержания хлора. В результате проверки подтвердилось правило Н. И. Кокшарова, вывод же Н. А. Пузыревского об удельных весах для лебяжинских и высокогорских апатитов оказался несостоятельным.

Что касается второго вопроса, то Болдырев пришел к выводу о целесообразности выделения в изоморфном ряду апатитов следующих минеральных видов, под которыми он понимал минералы, обладающие одним и тем же химическим составом и одной и той же кристаллической структурой:

фторапатит —  $n\text{Ca}_3\text{P}_2\text{O}_8 \cdot \text{CaF}_2$ ,  
 хлорапатит —  $n\text{Ca}_3\text{P}_2\text{O}_8 \cdot \text{CaCl}_2$ ,  
 карбапатит (подолит) —  $n\text{Ca}_3\text{P}_2\text{O}_8 \cdot \text{CaCO}_3$ ,  
 оксиапатит (фолькерит) —  $n\text{Ca}_3\text{P}_2\text{O}_8 \cdot \text{CaO}$ ,  
 гидроксиапатит —  $n\text{Ca}_3\text{P}_2\text{O}_8 \cdot \text{Ca}(\text{OH})_2$ ;

помимо этих основных минеральных видов встречаются еще нормальные апатиты с  $n=2.5-3.5$ , малофосфористые — с  $n<2.5$  и многофосфористые — с  $n>3.5$

Интересное исследование о связи физических свойств вольфрамитов с их химическим составом было проведено А. К. Болдыревым (совместно с Е. Я. Ляски) в 1929 г. Сопоставляя содержание  $\text{MnO}$ ,  $\text{FeO}$  и  $\text{WO}_3$  различных природных вольфрамов железа и марганца с цветом их черты, они пришли к выводу о последовательном изменении цвета черты минерала от светлых коричневых тонов до почти черных с увеличением содержания  $\text{FeWO}_4$  и соответственно с уменьшением содержания  $\text{MnWO}_4$ . Исследователями была составлена шкала из 5 цветов (индексированных по В. Оствальду),<sup>3</sup> соответствующих цвету черты вольфрамов железа и марганца определенного состава. Последовательному уменьшению содержания

<sup>3</sup> В. Оствальд (1853—1932) — крупный немецкий химик, физико-химик и философ. Разрабатывая классификацию цветов, в 1923 г. он предложил атлас цветов, содержащий 680 номеров цветовых оттенков, воспроизведенных в красках.

$\text{FeWO}_4$  в минерале соответствует изменению цветового индекса от 6 к 2. Было показано, что цветовой шкалой можно с успехом пользоваться для определения содержания  $\text{FeWO}_4$  и  $\text{MnWO}_4$  в пределах точности до 15 мол. % содержания слагающих минерал компонентов, следовательно для разделения изоморфного ряда  $\text{FeWO}_4$  —  $(\text{Fe}, \text{Mn})\text{WO}_4$  —  $\text{MnWO}_4$  на минеральные виды и даже на минеральные разновидности. Работа имеет большое практическое значение для макродиагностической минералогии.

Одна из последних крупных минералогических работ ученого — детальное описание самородков золота, встреченных в процессе многолетних эксплуатационных работ на россыпных золотоносных месторождениях Колымо-Индигирского края. Каждый самородок был подвергнут тщательному измерению, исследованию формы, минералогическому анализу и фотографированию. В результате А. К. Болдыревым был составлен большой альбом с 55 фотографиями и описаниями наиболее интересных самородков золота. Некоторые из описанных Болдыревым самородков, получивших оригинальные наименования, как например, «Мефистофель» (за сходство с профилем главного героя трагедии Гёте «Фауст»), хранятся в настоящее время в Алмазном фонде СССР; изображение самородка «Мефистофель» неоднократно воспроизводилось в печати.

Под руководством А. К. Болдырева и при его непосредственном участии составлялась крупная библиографическая сводка по минералам и горным породам Северо-Востока СССР.

Переходим к обзору работ А. К. Болдырева, посвященных изучению минералогии месторождений полезных ископаемых.

В 1930 г. А. К. Болдырев начал изучать рудопроявления берилла и розового кварца в Западной Сибири. В полевых исследованиях в качестве коллектора участвовал студент В. И. Михеев — впоследствии видный советский ученый-кристаллограф. Во время полевых работ Болдыревым были найдены два уникальных кристалла берилла. Они были доставлены в Ленинград и теперь хранятся: наибольший по длине (1.5 м) и весом около 150 кг — в Центральном геологическом музее ВСЕГЕИ, а наибольший по весу (180 кг) — в Горном музее Горного института.

Главное свое внимание ученый сосредоточил на изучении геологического строения района, петрографии гранитного массива, пегматитовых жилах и их минералогии.

Предварительные итоги изучения этого района неоднократно докладывались Болдыревым на различных конференциях и научных заседаниях. Углубленная же разработка отдельных вопросов минералогии и петрографии вылилась в ряд монографий.

Для пегматитовых жил оказалась характерной четкая зональность строения и определенная закономерность в распределении берилла; в пегматитовых жилах кристаллы берилла ориентированы более или менее перпендикулярно к зальбандам, а их величина в значительной степени зависит от зернистости пегматитов. В тонкозернистых пегматитах преобладают более тонкие кристаллы берилла, а в грубозернистых — более толстые. Изучение возрастных соотношений минералов, слагающих рудные тела, показало, что берилл кристаллизовался ранее розового кварца, слагающего главным образом центральные части пегматитовых жил.

Основные результаты изучения некоторых районов Западной Сибири были доложены А. К. Болдыревым на XVII сессии Международного геологического конгресса в Ленинграде осенью 1937 г. К сожалению, монография, подготовленная А. К. Болдыревым к печати, с полным геолого-петрографо-минералогическим описанием берилла и розового кварца осталась неопубликованной.

В процессе изучения собранного ученым каменного материала особое внимание привлекли разнообразные срастания и взаимные прорастания различных полевых шпатов, в изобилии встречающихся в пегматитовых телах. Среди подобных минеральных образований наибольший интерес представляют так называемые пертиты (вrostки альбита или кислого плагиоклаза в калиевом полевопшпате), характеризующиеся большим разнообразием по морфологии и весьма различными толкованиями генезиса.

После критического разбора главнейших работ отечественных и иностранных ученых, обсуждавших генезис пертитов, Болдырев детальнейшим образом описывает все морфологически различные типы структур пертитовых срастаний и возрастные соотношения минералов, иллюстри-

руя их многочисленными микрофотографиями; исследование полевых шпатов сопровождается большим количеством измерений оптических констант.

Раздел монографии, посвященный описанию пертитовых сростков, может служить прекрасным образцом бережного и беспристрастного отношения исследователя к фактическому материалу. Однако автор не останавливается на одном описании пертитов из гранитов и пегматитов. По собственным материалам и материалам других исследователей он делает широкие минералогическо-петрографические обобщения по пертитам вообще. Прежде всего он проводит систематическую классификацию пертитов по морфологическим признакам, среди которых в качестве главных выделяет структуры сростаний и прорастаний, характер главного полевого шпата — микроклина и характер прорастающего полевого шпата — альбита. По первому признаку А. К. Болдырев выделяет 17 структур прорастаний и сростаний; каждый из них сопровождается кратким описанием и многочисленными микрофотографиями. По второму признаку (характеру главного минерала — микроклина) выделяется 10 типов и по третьему — 3.

Характерная для ученого полнота рассмотрения вопроса, исключительная четкость и лаконичность описаний, не оставляющая у читателя ни малейших неясностей, весьма отчетливо проявились в этой монографии.

На заключительном этапе своих исследований А. К. Болдырев стремится выявить взаимосвязи между структурными типами сростаний и физико-химическими условиями процесса, явлениями распада твердого раствора и диаграммами плавкости. Такое сопоставление структур сростаний с физико-химическими факторами дало исследователю основание, как он сам формулирует, создать «опыт морфолого-генетической классификации палеошпатовых сростаний», согласно которой выделяются три основных типа структур по возрасту плагиоклазового компонента: так называемые прогенные, когда натриевый полевой шпат выделяется раньше калиевого полевого шпата, сингенные при одновременном образовании обоих компонентов и эпигенные при обратном возрастном соотношении. Каждому из этих типов присущи определенные структуры, различающиеся по механизму образования сростка и морфологии. Все выводы изложены в виде четких таблиц, дающих ис-

черпывающие представления автора по рассматриваемым вопросам.

Большой интерес представляет структурно-генетическая классификация полевошпатовых срастаний: для каждого из основных процессов минералообразования (магматический, пневматолито-гидротермальный и метаморфический<sup>4</sup>) приводятся свойственные им определенные типы и роды структур и наиболее вероятные температуры образования — точнее интервалы температур образования.

Это фундаментальное исследование, опубликованное еще в 1934 г., является типичным для научного творчества А. К. Болдырева по полноте и всесторонности рассмотрения вопроса, логичности рассуждений, четкости изложения описательного материала и выводов. Благодаря этому оно выходит далеко за рамки обычных обобщений. И несмотря более чем на сорокалетний возраст, монография о пертитах и в настоящее время остается в числе настольных книг в первую очередь всех занимающихся закономерными срастаниями полевых шпатов и вообще всех работающих в области минералогии и петрографии.

Одним из первых советских ученых А. К. Болдырев стал внедрять в практику минералогических исследований рентгенометрические методы. В своих известных работах по слюдам, шунгитам и каменным углям он показывает возможности и пути использования данных рентгеноанализа для выяснения химической конституции и кристаллической структуры минералов.

Одной из наиболее ранних отечественных работ в этом направлении было проведенное А. К. Болдыревым (совместно с Е. Ф. Алексеевой) рентгенометрическое изучение искусственных флогопитов (1935 г.). Основной целью этой работы было сравнение методом рентгеноанализа (методом Дебая—Шеррера—Хелла) природного флогопита с искусственной слюдой, полученной Д. П. Григорьевым лабораторным путем. Однако, как это часто случалось в научном творчестве А. К. Болдырева, работа переросла в крупное методическое исследование. В нем всесторонне освещена методика рентгеноанализа методом порошка начиная от описания технических условий эксперимента, а также обстоятельно изложена последователь-

---

<sup>4</sup> В работе А. К. Болдырев пользуется предложенной им же самим номенклатурой минералообразующих процессов.

ность обработки дебаеграмм с введением необходимых поправок. В итоге доказано промежуточное положение искусственной слюды Д. П. Григорьева между природными флогопитом и мусковитом, более близкое к первому минералу. Рентгеноисследование постоянно корректировалось данными химических анализов.

Крупное методологическое значение работы Болдырева по рентгеноисследованию слюд состоит прежде всего в том, что она явилась одним из самых ранних отечественных исследований минералов с помощью рентгеновских лучей методом порошка; в ней подробно и обстоятельно показаны возможности метода в идентификации минеральных веществ и выявлении тонких различий веществ по составу и структуре. Без малейшего преувеличения можно сказать, что эта работа А. К. Болдырева проложила в нашей стране дорогу систематическим рентгеноисследованиям минеральных веществ с помощью метода порошка (метода Дебая—Шеррера—Хелла).

На примере рентгенометрического исследования ископаемых углей А. К. Болдыревым (совместно с Г. А. Ковалевым) в 1937 г. показаны перспективы, открывающиеся перед рентгенометрическим методом в отношении расшифровки природы минеральных веществ, относящихся по внешним признакам к категории некристаллических образований. Авторы поставили перед собой задачу — выяснить полностью или частично, кристалличны ли ископаемые угли или они совершенно некристаллически, и в том случае, если в них присутствуют кристаллические компоненты, выявить природу и размеры частиц кристаллических компонентов (кристаллитов). Работа, по мнению авторов, должна способствовать выяснению природы вещества углей, установлению различий ископаемых углей между собой и решению целого ряда вопросов, связанных с корреляцией угольных пластов. Самым подробным образом в ней изложена методика и ход рентгеноисследования, описана примененная рентгеноаппаратура, критически обсуждены предшествовавшие данной работе исследования и собственные результаты. В итоге отчетливо установлено существование в ископаемых углях кристаллической фазы в виде графита, причем степень графитизации в ископаемых углях далеко не везде одинакова. Путем сложных вычислений различными методами определены размеры кристаллитов в антраците и шун-

гите. В заключении детально обсуждено значение понятий «степень графитизации угля» и «размеры кристаллитов» для суждения о химизме и генезисе углей.

Неоднократно обсуждаются в минералогических работах А. К. Болдырева проблемы валентности и изоморфизма. Опираясь на данные рентгеноструктурного анализа, ученому удалось ввести ряд корректив в представления о конституции минералов сложной группы слюд, позволивших связать структурные данные с химическим составом, а позднее даже дать расширенное толкование изоморфизма и применить его к группе слюд (работы 1937—1938 гг.).

Предпринятое в середине 30-х годов изучение весьма сложной в химическом отношении и важной группы слюд явилось одним из наиболее значительных исследований А. К. Болдырева в области теоретической минералогии. Итоги работы были оформлены в виде большой статьи, посвященной химической конституции и структуре слюд. В первой части статьи автор подвергает критическому анализу всю главнейшую литературу по теме исследования, начиная от первых по времени появления в свет трудов по систематике и теории химического строения слюд Г. Чермака (1879 г.) и К. Раммельсберга (1889 г.) и кончая рентгенометрическими работами Л. Паулинга (1930 г.), важными обобщающими трудами Ф. Махачки (1930—1932 гг.) и самыми последними, на момент написания статьи, исследованиями структуры мусковита В. Джексона и Дж. Веста (1930—1933 гг.). Трудно переоценить значение этого глубокого критического анализа литературных данных, составившего объективное представление о существовавших ко времени исследования Болдырева взглядах на химическую конституцию и структуру этой важнейшей группы пороодообразующих минералов. Вторая часть работы посвящена рассмотрению трех проблем: 1) установлению симметрии мусковита — дискуссия с Джексоном и Вестом, 2) выяснению положений и связей атомов алюминия, замещающих кремний в структуре мусковита (Болдырев приходит к выводу о возможности беспорядочного расположения атомов алюминия в плоскости атомов кремния, чем объясняется изменчивое соотношение кремния к алюминию в различных мусковитах); 3) уточнению структуры флогопита, главным образом в отношении определения положения атомов магния отно-

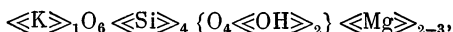
сительно элементов симметрии элементарной ячейки минерала.

В итоге исследования А. К. Болдырев приходит к важным выводам о химической конституции группы слюд в целом и по отдельным минералам. Упомянем здесь лишь некоторые из них. 1. К группе слюд на основе структурных аналогий должны быть отнесены и хрупкие слюды, содержащие кальций. 2. В группе слюд целесообразно выделять три подгруппы — подгруппу глиноземных слюд (ряд существенно калиевых слюд — мусковит — фенгит), подгруппу существенно натриевых слюд — паргонита, не обнаруживающих непрерывных переходов к мусковитам, и ряд магнезиально-железистых слюд (флогопит — биотит). 3. Различное положение калия и водорода в структуре слюд, однако, не противоречит возможности замещения части атомов калия атомами водорода, но не наоборот. 4. Природные слюды подгруппы мусковита и биотита не связаны в своем химическом составе постепенными переходами. Кроме перечисленных, автором сделано еще много других выводов.

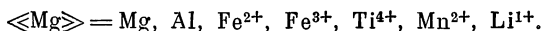
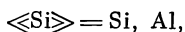
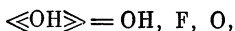
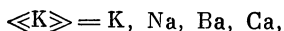
Теоретическое обсуждение природы изоморфизма А. К. Болдырев продолжает и после исследования химической конституции и структуры слюд. Он стремится привлечь внимание минералогов к тому факту, что в результате появления в кристаллографии и минералогии нового могущественного метода исследования — рентгенометрии кристаллов — вопрос об изоморфизме требует коренного пересмотра. Принимая в качестве основы определение сущности изоморфизма, данное В. М. Гольдшмидтом в 1926 г., как явления, при котором вещества с аналогичным химическим составом (выраженным химической формулой) обнаруживают аналогии и в кристаллической структуре, Болдырев подверг это определение глубокому анализу с позиций кристаллохимии и показал, что любое изоморфное замещение во всех случаях идет с выравниванием валентностей и обнаруживает тесную связь явлений замещения с местами и радиусами ионов в кристаллической структуре. Это обстоятельство, корректирующее взгляды Ф. Махачки, Б. Варрена и других теоретиков изоморфизма, по мнению А. К. Болдырева, требует нового написания формул изоморфных соединений, что он и осуществляет на примере конкретных изоморфных замещений в группе слюд. Главный свой вывод Болдырев формулирует следующим обра-



зом: «Истинная кристаллохимическая формула изоморфных замещений должна показывать не только стехиометрические отношения и группы изоморфно замещающих друг друга атомов, но и взаимное пространственное расположение различных групп атомов».<sup>5</sup> Исходя из этого, А. К. Болдырев предлагает писать кристаллохимические формулы минералов группы слюд следующим образом:



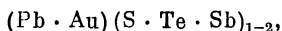
где



Нетрудно заметить, что эти формулы не столь уж далеки от современного написания формул этих минералов.

Далее ученый рассматривает наиболее вероятные пути уравнивания валентностей при изоморфных замещениях и в связи с этим намечает новые пути интерпретации химических анализов слюд с соблюдением кристаллохимических принципов.

А. К. Болдырев интересовался также химическим составом и других минералов. Значительное у разных авторов расхождение в написании химической формулы нагиагита (сравнительно редкого сульфотеллурида золота и свинца) побудило его пересмотреть все известные химические анализы минерала с целью упорядочения его формулы. В итоге Болдырев пришел к выводу о необходимости изображать формулу<sup>6</sup> нагиагита в эмпирическом виде



где

$$\frac{Au}{Pb} = \frac{1}{9} \text{ до } \frac{1}{5} \text{ и } \frac{Sb}{S + Te} = 0 \text{ до } \frac{1}{8}.$$

<sup>5</sup> Болдырев А. К. Химическая валентность и расширенное понятие об изоморфизме. — Матер. ЦНИГРИ. Общая серия, сб. 3. 1938, с. 7.

<sup>6</sup> Формула приведена точно по оригиналу работы А. К. Болдырева.

Попутно им был высказан ряд соображений о химической конституции минерала. Кстати, заметим, что структура нагиагита и до настоящего времени окончательно не выяснена.

Проблемы полиморфизма также находились в поле зрения ученого. В статье об обозначениях полиморфных модификаций (1936 г.) Болдырев критически обсуждает встречающиеся у разных минералогов системы обозначений. Он возражает против предложения видного австрийского минералога и петрографа Ф. Бекке об обозначениях отдельных модификаций в порядке снижения температур их образования, не соглашается со словесными терминами Сосмана «высокотемпературный кварц», «низкотемпературный кварц» и другими, отвергает обозначения модификаций с помощью цифр типа «кварц<sub>+575</sub>» по Р. Браунсу. В результате им приводятся веские доводы в пользу системы обозначений с помощью букв греческого алфавита  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ , ... в хронологическом порядке выявления этих модификаций.

Глубоко восприняв идеи Е. С. Федорова о необходимости все природные явления характеризовать с помощью количественных оценок, А. К. Болдырев впервые сделал попытку определить количественными показателями основные понятия геохимии, такие как «концентрация», «рассеяние» и «аккумуляция». В статье 1936 г. он показал неоднозначность смыслового содержания этих понятий, нередко приводящего в геологических работах к разного рода неопределенностям.

Используя аппарат математического мышления, Болдырев поставил перед собой задачу: «Внести ясность и элементы исчисления в затронутые здесь области геохимии»,<sup>7</sup> и далее «ставил своей задачей лишь выявление основных понятий в цифрах и их возможно точное определение».<sup>8</sup> Имея целью только определение понятий, Болдырев в своей статье дал четкую формулировку 17 основных понятий учения о концентрации, рассеянии и аккумуляции, снабжая многие из них математическими выражениями в виде простых формул.

---

<sup>7</sup> Болдырев А. К. Основные понятия в геохимическом учении о концентрации, аккумуляции и рассеянии. — В кн.: Сборник в честь академика В. И. Вернадского. М., Изд-во АН СССР, 1936, с. 66.

<sup>8</sup> Там же, с. 67.

В 1934 г. на юбилейном Менделеевском съезде А. К. Болдырев сделал доклад об атомных и ионных радиусах в кристаллах, вскоре напечатанный в трудах этого съезда (1936 г.). Работа эта далеко выходит за рамки обычного сообщения. Впервые в отечественной научной литературе получило освещение в полном виде, строго логически и последовательно учение В. М. Гольдшмидта об атомных и ионных радиусах, были рассмотрены и различные аспекты применения этого учения к расшифровке кристаллических структур. А. К. Болдырев раскрыл основное содержание закона В. М. Гольдшмидта о зависимости кристаллических структур вещества от относительных количеств слагающих его атомов и ионов, а также от поляризационных свойств этих структурных единиц, рассмотрел природу и характер сил сцепления в кристаллах и вопросы связи между физическими свойствами кристаллов (в частности, твердости) и их структурой. Несмотря на коррективы, которые внесла современная наука в учение В. М. Гольдшмидта, доклад и статья А. К. Болдырева об атомных и ионных радиусах и сейчас остаются актуальными. Болдыревым были показаны глубокие связи между структурой кристаллических веществ и их химической конституцией и тем самым — перспективы использования учения об атомных и ионных радиусах в геохимии, минералогии, учении о рудных месторождениях, металлографии и в других науках.

Большое значение для описательной и диагностической минералогии имеют работы А. К. Болдырева, касающиеся различных вопросов кристаллооптики минералов и приемов кристаллооптических исследований. Существенную помощь при определении минералов оптическими методами оказывают составленные А. К. Болдыревым еще в ранний период его научной деятельности диаграммы, связывающие величины двупреломления главных сечений с углом оптических осей; с помощью этих диаграмм легко может быть графически определена величина угла оптических осей.

Благодаря А. К. Болдыреву стал доступным и понятным довольно сложный оптический прибор для определения показателей преломления минералов — рефрактометр Аббе. Первоначально узкая задача — исследование точности прибора и приемов его поверок — переросла в систематическую разработку методики работы с прибором.

ром. В итоге А. К. Болдыревым была написана специальная монография (1933 г.), в которой систематически и последовательно изложена методика полного определения показателей преломления двуосных кристаллических веществ.

Важное методическое значение имеет также выполненная в последние годы жизни работа о поверках гониометра В. Гольшмидта.

А. К. Болдырев был прекрасным и глубоким знатком федоровского универсального метода определения оптических констант минералов. Своими замечательными лекциями по теории и практике федоровского метода, прочитанными им в Магадане, он способствовал широкому внедрению этого метода в практику работы петрографов и минералогов и тем самым прогрессу геологических исследований. В критической статье 1924 г. А. К. Болдырев дал сравнительную оценку двух приемов кристаллооптических исследований минералов в сходящемся и параллельном свете при работе по федоровскому методу.

А. К. Болдырев считал большим недостатком отсутствие единообразия в номенклатуре минералообразующих процессов. Еще в 1924 г. он предпринял попытку создать рациональную классификацию минералообразующих процессов, а к 1936 г. окончательно разработал и выступил в печати со схемой процессов, в основу которой был заложен принцип — откуда происходит вещество для минералообразования и каково происхождение энергии процесса. В соответствии с этим принципом Болдырев выделил 4 основных процесса — эндотегенный (вещество и энергия происходят из глубин земли), аутигенный (вещество — на месте образования), экзотегенный (вещество поверхностного происхождения, энергия минералообразования в конечном итоге солнечная), космогенный (вещество из космоса). В пределах каждой из основных групп минералообразующих процессов выделяются простые процессы, как например магматогенный, пневматогенный и эндогидатогенный — в группе эндотегенных процессов; экзогидатогенный, пегнитогенный и биогенный — в группе экзотегенных, и т. д. Сложные же процессы, такие как пегматитовый, метасоматический и другие, Болдырев рассматривает в качестве определенных сочетаний основных, но действующих одновременно или последовательно.

Схема минералообразующих процессов, предложенная Болдыревым, может встретить ряд возражений, но ее стройность и методические преимущества не вызывают сомнений, особенно на первых стадиях усвоения минералогических знаний. Предлагая свою номенклатуру и классификацию процессов образования минералов, ученый характеризовал ее следующими словами: «Полнота, точный буквальный смысл, однородность словообразования, единый, положенный в основу принцип (происхождение вещества, действующего в минералообразовании) ставят эту номенклатуру значительно выше наиболее ходкой».<sup>9</sup>

Все научное творчество А. К. Болдырева в области минералогии представляет собой сочетание глубоких теоретических разработок с задачами практической геологии. В период полевых исследований минеральных месторождений ученый неизменно старался увязать решение различных теоретических вопросов геологии, минералогии и генезиса с проблемами практического характера. Так, например, практическим результатом его работы на Шерловой горе в Забайкалье было открытие и разведка промышленного россыпного оловянного оруденения. Практическое значение имело и выявление (совместно с В. И. Михеевым) во время учебных занятий по гониометрии оловянного камня, которое в конечном итоге привело к открытию на Урале оловоносной россыпи (с. 134, 135).

Все без исключения минералогические исследования А. К. Болдырева являются прекрасным образцом глубокого и всестороннего анализа фактического материала, неизменно приводящего к крупным теоретическим обобщениям и ценным практическим результатам.

### Определение (диагностика) минералов

А. К. Болдырев был одним из первых ученых-минералогов, глубоко воспринявших идеи Е. С. Федорова о том, что дальнейший прогресс естественных наук, к которым принадлежит и минералогия, возможен лишь при переходе от неточных качественных описаний природных явлений к количественно точным характеристикам.

---

<sup>9</sup> Болдырев А. К. Курс описательной минералогии, вып. III. Л.—М., ОНТИ НКТП СССР, 1935, с. 8.

С помощью математического мышления, в значительной степени унаследованного от своего учителя, Анатолий Капитонович глубоко переосмыслил все известные к началу научной деятельности<sup>10</sup> методы определения минералов. Он отчетливо видел, что прекрасный и точный метод полного количественного химического анализа, сохраняющий свое выдающееся значение, является сложным, трудоемким и дорогостоящим, почти совершенно недоступным для массового диагноза минералов. Классический кристаллооптический метод требует для совершенной диагностики минералов солидной теоретической подготовки и специальных материалов (например, иммерсионных жидкостей, достаточно капризных по отношению к колебаниям температуры). Методы же, основанные на визуально наблюдаемых морфологических и физических свойствах, качественных испытаниях некоторых физических и химических свойств в большинстве своем позволяют получать лишь данные для приближенной диагностики минералов.

В итоге размышлений А. К. Болдырев пришел к выводу о возможности создания методов, вполне доступных для широких кругов специалистов, занимающихся определением и исследованием руд, минералов и минерального сырья, но основанных на количественно точных характеристиках. Будучи, как говорят, до мозга костей прежде всего кристаллографом, он, естественно, в основу своих количественных точных методов предложил положить кристаллографические характеристики вещества и в первую очередь кристаллографические константы — углы между гранями кристаллов.

Ко времени расцвета научного творчества А. К. Болдырева подобная идея была уже капитально заложена в знаменитом кристаллохимическом анализе Е. С. Федорова. Придавая огромное значение федоровской идее определения кристаллического вещества как основе метода, удовлетворяющего необходимым условиям массового диагноза минералов, он вместе с тем отчетливо видел и сложность федоровского кристаллохимического анализа для практического использования его широкими кругами специалистов, занимающихся поисками и изучением руд металлов и минерального сырья.

---

<sup>10</sup> 20—30-е годы нашего столетия.

Творческая мысль в направлении создания новых методов диагноза минерального вещества, основанных на точных кристаллографических константах и в то же время вполне доступных для массового применения в геологоразведочных учреждениях и организациях, увенчалась разработкой двух новых методов — гониометрического и рентгенометрического. Появившиеся еще при жизни ученого, в 1938—1939 гг., «Определитель кристаллов» (том I, 1 и 2 половины) и «Рентгенометрический определитель минералов» (1 и 2 части), согласно общему мнению, представляют собой вершины научного творчества А. К. Болдырева.

История творческой мысли А. К. Болдырева по созданию и разработке этих методов, их сущность и значение подробно изложены в главах VI и VII настоящей книги. Здесь поэтому мы ограничимся лишь некоторыми напоминаниями и сведениями, непосредственно касающимися диагностики природных минеральных образований, встречающихся в земной коре в окристаллизованном виде.

Если в идее определения минералов по данным измерения угловых величин между гранями кристаллов Болдыреву принадлежит главнейшая заслуга в замечательном упрощении метода Федорова, то в рентгенометрическом диагнозе кристаллического вещества Болдырев впервые в истории науки предложил и разработал идею определения минерального вещества с помощью рентгеновских лучей.

Анализируя федоровскую сложную систему определения кристаллического вещества по результатам измерения углов между гранями кристаллов, А. К. Болдырев показал, что можно вообще обойтись без весьма трудоемкого этапа определения типа структуры и вычисления так называемого символа комплекса. Таким образом, федоровский «Кристаллохимический анализ» был преобразован Болдыревым в непосредственный гониометрический метод определения минералов. Разработав до деталей свой метод, Анатолий Капитонович приступил к составлению самого гониометрического определителя кристаллов. Имея в большинстве случаев объектом своих исследований минералы, А. К. Болдырев счел необходимым специально для целей минералогии выделить в системе общего гониометрического определителя кристаллов определитель минералов. Поэтому каждый том «Определителя» (для каждой синго-

нии), по замыслу автора, должен был делиться на две части: «Определитель неминералов» (химических соединений вообще) и специально для гониометрической диагностики минералов — «Определитель минералов».

Полезно, отчасти повторяя то, что уже было сказано в главе VI (с. 104—137), более подробно описать методу самого определения кристаллов минералов средних и ромбической сингоний, определители которых в настоящее время составлены.

Ход определения минералов по определителю очень прост. Кристалл (или даже обломок кристалла с несколькими гранями) укрепляется на двукружном отражательном гониометре любой конструкции<sup>11</sup> и от всех отражающих его граней улавливается так называемый сигнал — отражение источника света; положение сигнала фиксируют двумя угловыми величинами — сферическими координатами. Результаты измерения угловых значений с краткой объективной характеристикой — качества сигнала, соответствующего качеству отражающей поверхности грани, и, следовательно, надежности угловых значений в отношении точности, а также относительной величиной грани — наносят на восковку с помощью стереографической сетки Вульфа. Затем производят элементарную обработку данных измерения по схеме: выявление симметрии (сингонии кристалла) и простых форм — вычисление средних значений сферических координат  $\rho$  и  $\varphi$  для каждой простой формы (непосредственно по данным измерения). По полученным средним угловым величинам и простейшей характеристике каждой простой формы (габитусные грани, средние или очень мелкие) по ключам «Определителя» отыскивается минерал (или несколько минералов), отвечающий полученным числовым значениям. Окончательное подтверждение правильности диагностики осуществляется по индивидуальным кристаллографическим описаниям минералов.

Все эти операции не представляют больших затруднений и не выходят за рамки элементарных знаний минералогии и кристаллографии, не требуют больших затрат времени и вполне доступны не только специалистам, но

<sup>11</sup> В принципе измерение углов кристалла можно производить с помощью гониометра любого типа и конструкции; для мелких кристаллов необходим лишь прибор, обеспечивающий высокую точность измерения (до 1—2').



и начинающим исследователям — студентам, лаборантам и техникам.

А. К. Болдырев показал, что для определения любого минерала, относящегося к средним сингониям — тригональной, тетрагональной и гексагональной, в принципе достаточно располагать лишь величиной полярных расстояний ( $\rho$ ) для нескольких, минимально двух—трех косых граней кристалла, т. е. для простых форм типа пирамид, дипирамид, ромбоэдров, скаленоэдров, тетраэдров и трапецеэдров, т. е. величинами  $\rho_{hkl}$  или  $\rho_{okl}$  — для тетрагональной сингонии и  $\rho_{hk\bar{h}+kl}$  или  $\rho_{ok\bar{k}l}$  — для гексагональной сингонии или тригональной сингонии с четырьмя кристаллографическими осями, как в настоящее время обычно устанавливают тригональные кристаллы.

Для ромбической сингонии гониометрическое определение минералов проводится по трем угловым значениям для каждой простой формы (исключая пинакоиды)  $\rho_1, \rho_2, \rho_3$ , из которых каждое является полярным расстоянием нормали к грани от трех взаимно перпендикулярных кристаллографических осей при любом расположении последних в пространстве, но, естественно, с соблюдением правил установки кристаллов ромбической сингонии.

Поясним сказанное несколькими примерами минералов тетрагональной, тригональной, гексагональной и ромбической сингоний. В приводимых примерах мы ограничимся лишь главнейшими определяющими углами и соответствующими им простыми формами, наиболее часто встречающимися на кристаллах данных минералов. В самих «Определителях кристаллов минералов» грани-угловые комплексы представлены значительно большим количеством форм и углов. Формы приведены в порядке убывания частоты встречаемости (начиная с самых часто встречающихся) на кристаллах минералов; жирным шрифтом выделены так называемые габитусные грани — наиболее ярко выраженные, придающие кристаллам определенный габитус.

Детали составления и конструкции «Определителя минералов» моноклинной и триклинной сингоний А. К. Болдырев не успел довести до полного логического завершения. Это предстоит сделать его ученикам и последователям. Однако общие принципы определения кристаллов этих сингоний он с исчерпывающей полнотой рассмотрел в своих теоретических работах.

Вульфенит —  $\text{MoO}_4\text{Pb}$

Тетраг. синг.

	$\rho$
$c - 001$	0
$p - 111$	$65^\circ 51'$
$b - 113$	36 38
$o - 012$	38 16
$m - 110$	90
$e - 011$	$57^\circ 37'$

и т. д.;

всего 26 форм

Определитель кристаллов, т. I, половина 1. Тетраг. кристаллы, с. 370, 371.

Пираргирит —  $\text{SbS}_3\text{Ag}_3$

Триг. синг.

	$\rho$
$a - 11\bar{2}0$	90
$r - 10\bar{1}1$	$42^\circ 20'$
$e - 1012$	24 30
$v - 21\bar{3}1$	67 28
$y - 32\bar{5}1$	75 52

и т. д.;

всего 51 форма;

Определитель кристаллов, т. I, половина 2. Триг. и гексаг. кристаллы, с. 334—337.

Цинкит —  $\text{ZnO}$

Гексаг. синг.

	$\rho$
$a - 10\bar{1}0$	90
$p - 10\bar{1}1$	$61^\circ 41'$
$c - 0001$	0
$v - 80\bar{8}5$	71 23
$o - 20\bar{2}5$	36 36
$t - 11\bar{2}4$	38 47.

и т. д.;

всего 16 форм

Определитель кристаллов, т. I, половина 2. Триг. и гексаг. кристаллы, с. 656—658.

Стефанит —  $5\text{Ag}_2\text{S} \cdot \text{Sb}_2\text{S}_3$

Ромбич. синг.

	$\rho_{100}$	$\rho_{010}$	$\rho_{001}$
$o - 110$	$32^\circ 10'$	$57^\circ 49'$	$90^\circ$
$c - 001$	90	90	0
$b - 010$	90	0	$90^\circ$
$P - 111$	48 04	65 09	52 08
$d - 021$	90	36 08	53 52
$h - 112$	62 45	73 16	32 45
$k - 011$	90	55 35	34 25

и т. д.;

всего более 100 форм

Определитель ромбических минералов, рукопись, карточка минерала № 75.

Выход в свет первого тома «Определителя кристаллов» средних сингоний в 1938—1939 гг. вызвал весьма положительные отклики как в отечественных научных кругах, так и за рубежом. Объективная проверка метода и «Определителя» была с успехом осуществлена еще при жизни А. К. Болдырева. Последующие годы только подтвердили жизненность и надежность метода.

К сожалению, в последнее время у нас в стране, на родине гониометрического метода определения минералов, наблюдается некоторый спад широкого массового применения этого метода в практике геологических и других исследований минерального вещества. Но происходит

это отнюдь не из-за несовершенства метода или каких-либо других его принципиальных методических дефектов. Все упирается в острый дефицит двукружных отражательных гониометров — точных приборов, без которых невозможно измерение углов кристаллов. Последние десятилетия наша отечественная промышленность выпускает очень мало этих приборов, вследствие чего методы гониометрии, несмотря на их простоту и надежность, становятся относительно редкими в практике минералогических исследований.

Между тем гониометрический метод Болдырева не только не потерял своего значения, но может быть относительно легко приспособлен для автоматической (или полуавтоматической) машинной диагностики кристаллического вещества, и в частности минералов. Известно, что единого универсального метода диагностики минерального вещества пока не существует, да и вряд ли он вообще может существовать. Но в ряду точных количественных методов диагноза гониометрический метод занимает особое и значительное место. Его основные преимущества — предельная простота и доступность, быстрота диагноза, полная сохранность диагностируемого материала — выгодно выделяют его среди многих других методов. Для определения минералов методом Болдырева необходим лишь кристалл или обломок кристалла с несколькими зеркально отражающими гранями и широким диапазоном по размерам — от 0.5 мм до 5—6 см (приблизительно). Применение же счетно-решающих и запоминающих устройств позволит полностью или частично автоматизировать гониометрический диагноз. Можно с уверенностью утверждать, что, несмотря на временное ослабление у нас в стране внимания к гониометрическому методу, за ним безусловно сохранится большое будущее, как и у любого метода диагноза, основанного на точных величинах, однозначно определяющих вещество.

Как подробно говорилось в главе VII, идея определения химического состава кристаллических веществ, и в частности минералов, с помощью рентгеновского анализа была впервые выдвинута и разработана Болдыревым. Им же было начато составление специального определителя (1930—1936 гг.). Он, как кристаллограф, первый обратил внимание на то, что, помимо угловых констант кристаллов, которые можно получить измерением кристалла на

гонометре, с помощью рентгеноанализа также можно выявлять характерные угловые константы кристаллического вещества, и в частности минералов, в их геометрической структуре. Такие угловые значения — в отличие от углов между гранями кристаллов, — определяемых с помощью гониометрических измерений, можно было бы условно именовать внутренними «микроуглами» кристаллического вещества. Болдырев показал, что для диагностики вещества можно миновать сложную и трудоемкую операцию по выявлению тонкой структуры вещества. Наиболее удобным для этой цели оказался рентгенометрический метод порошка, разработанный еще в 1919 г. Дебаем и Шеррером.

Выше, в главе VII, подробно изложено теоретическое обоснование метода и описана последовательность определения кристаллического вещества этим методом на практике. При этом принципиально не играет роли, является ли определяемое вещество в применении к минералам мономинеральным или полиминеральным образованием. И если сама техника получения рентгенограмм — порошкограмм по условиям техники безопасности требует специально подготовленного для работы с рентгеновской аппаратурой сотрудника, то дальнейшая практическая обработка полученных рентгенограмм (примитивные измерения и последующие несложные вычисления) вполне доступна любому лаборанту, технику и студенту.

Для приближенной диагностики — идентификации определяемого вещества с каким-либо минералом — можно ограничиться визуальным сравнением внешнего вида порошкограмм определяемого и известного вещества, но полученных при одних и тех же условиях. Для более точного определения необходимо путем элементарно простых измерений и вычислений получить ряд величин — значений  $d/n$ , непосредственно вычисляемых по формуле Брэгга—Вульфа. Почти все вычисления при этом производятся по готовым таблицам, идея создания которых, между прочим, принадлежит также А. К. Болдыреву. В составлении последних он принимал активное участие.

Каждый минерал, как показал Болдырев, характеризуется своим специфическим комплексом значений  $d/n$ , среди которых может быть выделено несколько (в практике определительской работы их обычно пять), соответствующих наиболее четким и ярким дифракционным

«дужкам» (линиям максимальной интенсивности). В качестве примера приведем для трех минералов значения  $d/n$  наиболее интенсивных дифракционных «дужек»: <sup>12</sup>

магнетит,  $\text{FeFeO}_4$ : 2.541 (10), 2.098 (7), 1.612 (9), 1.479 (9), 1.091 (8);  
гематит,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ : 2.696 (10), 2.518 (10), 1.834 (8), 1.699 (9), 1.482 (8);  
гётит,  $\text{HFeO}_2$ : 4.18 (10), 2.69 (8), 2.45 (4—9), 2.18 (5), 1.720 (7).

Пример убедительно показывает индивидуальность минералов в отношении величин  $d/n$  наиболее интенсивных линий порошкограмм даже в том случае, когда минералы оказываются относительно близкими по химическому составу.

А. К. Болдырев, как известно (см. главу VII настоящей книги), не остановился на разработке идеи определения минералов с помощью рентгеноанализа. Он сразу же решил приступить к систематической работе по составлению эталонных порошкограмм для отдельных минералов с тем, чтобы по мере накопления материала вплотную подойти к составлению исчерпывающего рентгенометрического определителя минералов. К 1935—1936 гг. учениками А. К. Болдырева в Ленинградском горном институте, ЦНИГРИ и Всесоюзном институте минерального сырья (ВИМСе) были получены рентгенометрические эталонные порошкограммы с соответствующими расчетами для минералов марганцевых, железных и других<sup>2</sup> руд, некоторых силикатов и каменных углей. Таким образом, к 1938 г. уже были накоплены эталонные рентгенометрические характеристики для 288 минералов. В 1938—1939 гг. впервые в мировой литературе вышли в свет две первые части «Рентгенометрического определителя минералов», составленные при непосредственном участии и под руководством самого А. К. Болдырева.

Родилось новое направление диагностической минералогии, а с выходом в свет «Рентгенометрического определителя минералов» в мировой минералогии был сделан новый шаг и утвержден приоритет советской науки в бурно развивающейся минералогической рентгеномет-

---

<sup>12</sup> Относительная интенсивность «дужек» на порошкограммах оценивается визуально по десятибалльной шкале; самой интенсивной линии приписывается значение 10. В скобках показаны относительные интенсивности соответствующих линий — «дужек».

рии. Значительно позже, в 1944-м и последующих годах, почти аналогичные рентгенометрические определители минералов были созданы в США и Португалии.

Новый, рентгенометрический метод диагноза минералов, созданный А. К. Болдыревым, получил широчайшее распространение и всеобщее признание благодаря своей простоте, надежности, полной сохранности и малых количеств вещества, необходимого для определения, независимости диагноза от сложности химического состава минерала и возможности расшифровки минеральных смесей, вследствие чего в настоящее время он назван «рентгенофазовым анализом».

Дальнейшее развитие метод Болдырева приобрел в работах выдающегося ученика Анатолия Капитоновича профессора В. И. Михеева и его последователей.

### **Курс описательной минералогии. Учебники минералогии**

Методологическое направление научного минералогического творчества Анатолия Капитоновича Болдырева наиболее полно и ярко отразилось в созданном им оригинальном «Курсе описательной минералогии» (ч. 1, 1926 г.; ч. 2, 1928 г.; ч. 3, 1935 г.) и в двух учебниках минералогии 1932 и 1936 гг., составленных большой группой преподавателей минералогии Ленинградского горного института по его инициативе, разработанному им методологическому плану, при его непосредственном участии и под его редакцией.

Ко времени создания Болдыревым своего курса (1923—1935 гг.) русское студенчество располагало весьма ограниченным числом книг, по которым можно было полноценно изучать минералогию. В первую очередь назовем заслуживающие большого внимания «Учебник минералогии» Г. Г. Лебедева (первое издание — 1890—1891 гг., второе — 1907 г.), «Конспект минералогии» В. В. Никитина (1912—1915 гг.), «Минералогия» В. И. Вернадского (третье издание: вып. 1, 1910 г., вып. 2, 1912 г.) и «Учебник минералогии» П. А. Земятченского (общая часть — 1906 г., описательная — 1910 г.). Кроме этих книг, в обращении находился еще ряд учебников С. Ф. Глинки

(1896 г.), А. В. Нечаева (несколько переизданий 1908—1918 гг.) и ряда других авторов.

Не считая к тому времени уже совсем устаревших переводных курсов общей минералогии К. Ф. Наумана (1860 г.) и А. Лаппарана (1899 г.), а также учебников русских авторов — М. П. Медведева (1863 г.), В. В. Докучаева (1890—1891 гг.), П. В. Еремеева (1886—1890 гг.), П. А. Тутковского (1886 г.), приведенным выше перечнем практически исчерпывается учебная литература по минералогии, которой могла пользоваться русская учащаяся молодежь высших учебных заведений в первые послереволюционные годы.

Несколько особое положение в учебно-минералогической литературе занимает «Генетическая минералогия» Н. М. Федоровского (1920 г.), с методом преподавания которого А. К. Болдырев был совершенно не согласен и по этому поводу резко выступал в печати (см. ниже).

По своим качествам все перечисленные курсы-учебники минералогии были далеко не равноценны.

Учебник Г. Г. Лебедева, охватывающий все классы минерального царства, ограничивается лишь чисто описательной характеристикой минералов. Автор так и назвал свою книгу: «Часть описательная — физиография минералов». Несмотря на весьма обстоятельное и подробное описание минералов, изучение минералогии по этой книге было делом весьма нелегким, главным образом из-за отсутствия резкого разграничения главного от второстепенного. Книга Г. Г. Лебедева в большей степени носит характер справочника по минералогии; ею и до сих пор с успехом пользуются специалисты-минералоги. Особую ценность она представляет тем, что в ней впервые достаточно полно названы русские месторождения минералов.

В. В. Никитин в своем «Конспекте минералогии», изданном в литографированном виде студентами Петроградского горного института в 1912—1915 гг., так же как и Лебедев, ограничивается физиографической характеристикой минералов и дает учащимся лишь знания чисто описательного характера, главным образом по морфологии и физическим свойствам минералов, с указанием, в каких месторождениях они встречаются.

Оба учебника — В. В. Никитина и Г. Г. Лебедева — совершенно лишены разделов, освещающих общие данные по минералам. Правда, Г. Г. Лебедев в Предисловии

к своему учебнику по вопросам общей минералогии отсылает читателя к своему переводу учебника минералогии выдающегося австрийского ученого Густава Чермака, в котором рассмотрены основные положения морфологии, минеральной физики, минеральной химии, учения о залегании минералов и их образовании. Следует, однако, заметить, что перевод учебника Чермака был издан еще в 1884 г. и в 20-х годах настоящего столетия был уже библиографической редкостью. Общие же сведения по минералам в «Конспекте» В. В. Никитина ограничиваются полутора десятком страниц, на которых излагаются лишь элементарные сведения о спайности, изломе, форме агрегатов, цветах минералов, цвете черты, полиморфизме и изоморфизме.

«Минералогия» В. И. Вернадского в противоположность учебникам В. В. Никитина и Г. Г. Лебедева отличается широким подходом к минералогии как к науке. В своем курсе автор выделяет две части — общую и описательную. В общей части впервые на русском языке глубоко освещены вопросы генезиса минералов — условия нахождения и образования минералов в природе, химический состав и их физико-химические свойства. В большей степени, чем какой-либо другой учебник, курс В. И. Вернадского давал изучающим широкие и всесторонние систематические знания о минералогии как науке в целом, так и об отдельных минералах и минеральных сообществах земной коры. Книга В. И. Вернадского в полной мере отвечала сложившемуся у замечательного ученого представлению о минералогии как науке о химии земной коры. Фактические сведения по минералам у него всегда тесно переплетаются с глубокими теоретическими размышлениями. «Минералогия» В. И. Вернадского сохраняет свое значение на протяжении уже более полувека с момента ее появления в свет. Исключительный интерес представляет разработанная ученым систематизация весьма сложной в химическом отношении и широко распространенной группы минералов — алюмосиликатов. Автор в общедоступной форме излагает здесь свою знаменитую теорию «каолинового или слюдяного ядра», на основе которой и была осуществлена классификация алюмосиликатов. Несмотря на то что на смену алюмокислотной теории химической конституции силикатов Вернадского пришла новая рентгенометрическая теория, мысли выдающегося натура-



листа в вопросах познания реальной природы силикатов сыграли в науке выдающуюся роль. По словам А. К. Болдырева, алюмоокислотная теория «несомненно открыла нам новые точки зрения на конституцию силикатов и во многих случаях глубже проникла в химию процессов минералообразования и минералоразрушения».<sup>13</sup>

Другие русские курсы и учебники минералогии не отличались особой оригинальностью и в большинстве своем являлись сочинениями компилятивного характера.

Огромную роль в распространении минералогических знаний в нашей стране сыграли труды крупнейших русских минералогов прошлого столетия Н. И. Кокшарова и П. В. Еремеева по описанию отечественных минералов и более близкое нам по времени капитальное сочинение В. И. Вернадского «Опыт описательной минералогии». Этот выдающийся труд представляет собой фактически энциклопедию минералогических сведений, но в описываемое нами время он, к сожалению, был ограничен лишь двумя классами минерального царства — элементами и сернистыми соединениями (т. I, 1908—1914 гг.; т. II, вып. 1, 1918 г.).

Отечественная наука к концу первой четверти XX в. располагала еще рядом замечательных монографий, содержащих богатейшие минералогические данные. К ним относятся «Курс рудных месторождений» К. И. Богдановича (1912—1913 гг.), «Минералогия Западного Алтая» П. П. Пилипенко (1915 г.), «Драгоценные и цветные камни России» А. Е. Ферсмана (1922 г.) и некоторые другие; однако все эти монументальные труды по своему характеру не преследовали учебных целей.

В заключение краткого обзора учебной минералогической литературы по состоянию на 20-е годы текущего столетия отметим, что все упомянутые выше курсы, учебники и монографии издавались сравнительно небольшими тиражами и в рассматриваемое время в большинстве своем представляли библиографическую редкость.

Главнейшим, но вполне естественным недостатком большинства доБолдыревских учебников и курсов минералогии было отсутствие в них достижений науки конца

---

<sup>13</sup> Курс минералогии. Коллектив авторов. Под ред. А. К. Болдырева, Н. К. Разумовского и В. В. Черных. Л.—М., ОНТИ, 1936, с. 473.

XIX и начала XX в., в первую очередь данных об изучении минералов с помощью рентгеновских лучей.

Приступая к созданию «Курса описательной минералогии» (1922—1923 гг.), А. К. Болдырев не ставил перед собой узкой задачи — восполнить дефицит на книжном рынке в учебной минералогической литературе. Его курс поэтому и в малейшей степени не может относиться к категории компилятивных сочинений и рядом своих особенностей резко выделяется среди других аналогичных учебников и справочников по минералогии.

Прежде всего А. К. Болдырев поставил перед собой задачу отразить в составляемом курсе идеи двух ведущих направлений в минералогии, четко выявившихся в конце XIX и в начале XX в., — кристаллохимического направления, созданного Е. С. Федоровым, и химико-генетического, возглавлявшегося В. И. Вернадским. Дальнейшие успехи минералогии он видел в гармоничном сочетании этих ведущих направлений и поэтому считал необходимым все учебные курсы минералогии строить на этой научной основе.

Созданию «Курса описательной минералогии» и учебников для высшей школы предшествовала весьма большая и глубокая предварительная работа по целому ряду теоретических проблем и отдельным вопросам минералогии. Эта сторона научной деятельности А. К. Болдырева в области минералогии была освещена выше.

Будучи строгим и последовательным методистом, первоклассным педагогом, тонко чувствующим трудности усвоения минералогических знаний молодежью, А. К. Болдырев капитально пересмотрел и тщательно проанализировал все известные курсы и учебники минералогии, методы преподавания этой науки, минералогическую терминологию, характер, порядок и степень разумной детальности излагаемых в книгах отдельных сведений по минералам, — словом, всю сумму минералогических знаний, необходимых для квалифицированного геолога и горного инженера.

Для того чтобы изложение науки и ее основ осуществить с учетом всех главнейших достижений, и в первую очередь с учетом данных учения о структуре кристаллических минералов, физики и химии минеральных образований, а также геохимии, Анатолию Капитоновичу пришлось познавательное и критически пересмотреть огром-

ный литературный материал, разбросанный по отдельным работам и нередко представленный в весьма трудно воспринимаемом для изучения виде.

Обладая от природы исключительной научной строгостью и математической последовательностью мышления, Болдырев стремился передать учащимся минералогические знания по строго логической системе. Он считал необходимым излагать основы науки в определенной последовательности — от общих предваряющих сведений, позволяющих понять при последующем изучении отдельных минералов характер взаимосвязей природных явлений, свойств и особенностей минералов и классов минерального царства. Тем самым Болдырев стремился, как того требовал его учитель Е. С. Федоров, подготовить изучающих основы науки к самостоятельным обобщениям и выводам.

Большой методологический интерес представляют предисловия к первому и третьему выпускам «Курса описательной минералогии», где обстоятельно описана принятая автором система изложения материала, собственные мысли и факты, которые, как он сам выразился, «являются в этом изложении новыми и лежат на моей ответственности».<sup>14</sup> В заключение приведены рекомендации, как надлежит учащимся пользоваться этим курсом.

Отличительной особенностью болдыревского курса минералогии является его оригинальность. Целый ряд вопросов минералогии представлен здесь в новом аспекте и главным образом на основе собственных научных выводов автора. А. К. Болдырев прямо указывает, что в его курсе «содержится ряд тем, которые проработаны ... со своих собственных точек зрения, своими методами и при исследовании которых получены новые результаты».<sup>15</sup>

К сожалению, А. К. Болдыреву не удалось завершить свой курс. Последний охватывает лишь 7 из 10 классов минерального царства: 1 — элементы; 2 — сульфиды и их аналоги; 3 — окислы, гидроокислы, сульфокислы; 4 — галоиды; 5 — нитраты, иодаты, карбонаты, селениты, теллуриды, манганиты и плумбаты; 6 — сульфаты и их аналоги; 7 — алюминаты и их аналоги.

<sup>14</sup> Болдырев А. К. Курс описательной минералогии. Вып. I. Л., Научно-химико-техн. изд-во НТО ВСНХ, 1926, с. 5.

<sup>15</sup> Болдырев А. К. Курс описательной минералогии. Вып. III, с. 8.

Забота о студенчестве заставила его, не ожидая полного завершения своего основного труда, организовать коллектив авторов и выпустить два издания учебника для высшей школы; второе издание (1936 г.) «Курса минералогии» явилось выдающимся событием в жизни высшей школы и служило на протяжении многих лет основным учебником для студентов, изучающих минералогию. Характерная черта болдыревских курсов — четкое выделение главного и отделение главного от второстепенного.

А. К. Болдырев считал абсолютно необходимым начинать изучение и преподавание минералогии с ее описательной части, и притом в строго определенном порядке; знакомство с минералами, по его мнению, должно начинаться с их морфологических особенностей, и только после освоения физических и химических свойств минералов можно переходить к геологии минералов, в частности к их генезису. Он был убежден в том, что «в курсе описательной минералогии, преподаваемом до основательного знакомства студентов с петрографией, общей и исторической геологией и геохимией, сведения о генезисе минералов могут и должны быть даны лишь первоначальные, и минералогия должна читаться в виде особого курса, которому в известной степени отвечает существующий теперь в вузах курс „Учение о месторождениях полезных ископаемых“». <sup>16</sup>

Полемизируя по поводу последовательности усвоения студентами минералогических знаний с профессором Н. М. Федоровским, предлагавшим изучение минералогии начинать с генезиса, А. К. Болдырев, решительно возражая против этого, отмечает, что в этом случае студенты «не в состоянии достаточно глубоко понять и увязать в системе своего образования все то, что там говорится. Не в состоянии потому, что они в момент изучения ими минералогии не знают всего того, что знает их профессор: общей геологии, петрологии, исторической геологии, геохимии. Они почти не видели месторождений минералов в натуре. И самое главное, они не знают минералов: ни их внешнего вида, ни их химических составов и реакций,

---

<sup>16</sup> Болдырев А. К. Ответ на рецензию Н. М. Федоровского о моем курсе «Описательной минералогии». — Горн. журн., 1936, № 8—9, с. 73.

ни их физических свойств. Все это дается им автором курса (Н. М. Федоровским, — *И. Ш., В. А.*) лишь после сложнейших и часто весьма спорных вопросов генезиса». <sup>17</sup> И далее, иллюстрируя свою мысль примером, Болдырев пишет: «Между стр. 92 и 93 „Курса минералогии“ Н. М. Федоровского вклеена таблица, содержащая график распространения 62 минералов в глубинных, средних и поверхностных жилах. Весь окружающий текст переполнен названиями минералов. Что может понять в этом студент, для которого все эти упоминаемые ковеллины, блеклые руды, гесситы, марказиты, пириты, рутилы, родохрозиты, алуниты и прочие суть пустые звуки, с которыми он или не связывает никаких представлений, или о которых имеет лишь смутные и непрочные понятия?». <sup>18</sup> Справедливость высказываний А. К. Болдырева, по-видимому, не вызывает сомнений.

В таком методологическом подходе к преподаванию минералогии Анатолий Капитонович видит большую опасность, так как, по его мнению, «это может дать ложную уверенность студентам о том, что они могут философствовать о сложнейших явлениях генезиса минералов, не зная самих минералов, без основательного знакомства с их более простыми, ясными и более точно изученными морфологическими, физическими и химическими свойствами». <sup>19</sup>

Заканчивая свою полемику с Н. М. Федоровским, А. К. Болдырев намечает направления дальнейшего совершенствования преподавания минералогии, а цели и задачи современных учебников, излагающих науку о минералах, определяет следующими словами: «Новый путь минералогии состоит не в том, чтобы вывернуть ее наизнанку, а в том, чтобы возможно полно учесть огромные достижения кристаллографии, физики и химии за последнее время, чтобы учесть результаты новейших методов исследования минералов, приняв во внимание новейшие методы и воззрения в области геохимии, петрологии и геологии и использовав из этого все то, что может служить всестороннему познанию минералов, изложить результаты этого познания строго последовательно, пере-

---

<sup>17</sup> Там же.

<sup>18</sup> Там же.

<sup>19</sup> Там же, с. 74.

ходя от более простого и понятного к более сложному и иногда спорному. Только такой путь развития и изложения может сделать минералогию точной наукой, может создать поистине новую минералогию».<sup>20</sup>

Особое значение придавал А. К. Болдырев содержанию и форме излагаемого минералогического материала, предназначенного для твердого усвоения студентами. С этой целью он совершенствует кристаллографическую терминологию, приспособлявая ее для более быстрого и успешного запоминания и для повседневного пользования при изучении минералов, разрабатывает постоянную и строго последовательную систему описания минералов по групповым свойствам: 1) морфология, 2) физические свойства, 3) химические свойства, 4) геология, 5) экономика минералов.

Вопросы практического использования минералов, их экономическое значение, по мнению Болдырева, составляют одну из важнейших сторон минералогических знаний. По этому поводу в Предисловии к «Курсу описательной минералогии» он пишет: «Выделение в особый отдел экономики минерала, точно так же как и его геологии, и несколько большее развитие этого отдела, чем это обыкновенно делается, составляет существенную особенность моего курса. К этому прежде всего обязывает меня то, что я читаю курс минералогии в Горном институте — учебном заведении техническом. Но, кроме того, к этому побуждает меня мое убеждение в том, что экономика есть наука, вполне достойная стоять рядом с геологией, химией и т. д. И что описание минерала не является полным, если мы ничего не сказали или слишком мало сказали о том, добывается ли он человеком и примерно в каком количестве, где находятся главные места добычи, иногда даже — какова его цена и, наконец, для каких целей он применяется».<sup>21</sup>

Приведенная цитата показывает, какую роль придавал Болдырев вопросам экономики минералов при изучении минералогии. В его курсе и учебниках для большинства минералов приводятся данные минералого-экономического характера, а для главнейших рудных минералов

---

<sup>20</sup> Там же.

<sup>21</sup> Болдырев А. К. Курс описательной минералогии. Вып. I, с. 6.

они нередко даются в масштабах, превышающих те, которые можно встретить в курсах других авторов, как отечественных, так и зарубежных.

Свойства минералов, естественно объединяющихся в определенные группы,<sup>22</sup> для наглядности Болдырев давал в виде таблиц. Такая форма изложения учебного материала, по его мнению, способствовала более эффективному усвоению минералогических знаний. Во Введении к третьему выпуску курса Анатолий Капитонович пишет: этим «достигаются две важные цели: во-первых, лапидарность и точность стиля, предохраняющие от того, чтобы в море слов, закругляющих фразы и облегчающие чтение (но не усвоение), проскальзывали неточность или неясность мысли, и, во-вторых, сравнительное, параллельное изучение главнейших свойств, затрудняющее беглое чтение, но несравненно облегчающее и отыскание нужных сведений, и быстрый просмотр материала, и усвоение его, и в то же время сразу выявляющее как общие черты, так и индивидуальные отличия всех членов данной группы минералов».<sup>23</sup> В то же время он предупреждает, что не следует злоупотреблять этими таблицами, хотя в основном они оправдали себя в опыте преподавания.

Крупной заслугой А. К. Болдырева является введение им в отечественные курсы минералогии данных рентгенометрического исследования минералов и точных наук, материалов физико-технического и химико-промышленного характера. Впервые в русской учебной литературе Болдыревым сделаны четкие и систематические обобщения (на основе рентгеноанализа) по структуре силикатов — этого обширнейшего класса минерального царства, конституция которого трактовалась весьма различно и даже нередко противоречиво. Эта работа, написанная прежде всего с учебной целью,<sup>24</sup> получила свое дальнейшее развитие в трудах профессора (впоследствии академика) В. С. Соболева и ряда других ученых.

---

<sup>22</sup> Впоследствии им было разработано понятие «кристаллохимические группы».

<sup>23</sup> Болдырев А. К. Курс описательной минералогии. Вып. III, с. 4.

<sup>24</sup> Введение к силикатам. — В кн.: Курс минералогии. Под ред. А. К. Болдырева, Н. К. Разумовского, В. В. Черных, 1936, с. 462—492.

В упомянутом выше «Курсе минералогии» 1936 г. А. К. Болдырев рассматривает основной вопрос минералогии силикатов — «вопрос о химической структуре или конституции этих минералов, с которым тесно сплетается вопрос о кристаллической их структуре».<sup>25</sup> Здесь впервые на русском языке в общедоступном для изучения виде излагаются различные способы группировки атомов кремния и кислорода в силикатах, составляющие основу их кристаллохимической классификации.

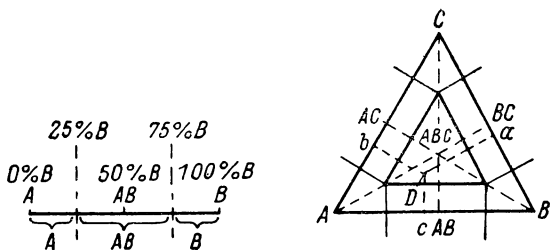
Строгую математическую логику применил Анатолий Капитонович к далеко не разработанному и не единообразно рассматривавшемуся вопросу выделения в минеральном царстве минеральных видов и минеральных разновидностей, особенно в случае весьма обычных в земной коре минералов переменного состава. Предлагая четкий критерий для определения минерального вида — химический состав и кристаллическую структуру, — он в своих курсах строго придерживается этого принципа. Для минералов переменного состава Болдырев предложил геометризацию выделения отдельных минеральных видов по простому и логическому математическому принципу. В двухкомпонентных системах им рекомендуется выделять три минеральных вида: два крайних и один посередине (линейная схема  $A-AB-B$ ); при трех непрерывно смешивающихся компонентах  $A$ ,  $B$  и  $C$  для выделения минеральных видов используется треугольная схема: в вершинах выделяются виды, соответствующие крайним компонентам  $A$ ,  $B$  и  $C$ , промежуточные — между крайними компонентами — двойные  $AB$ ,  $AC$  и  $BC$  и посередине треугольника — трехкомпонентный минеральный вид  $ABC$ . Для составов с большим числом компонентов предлагается использовать пространственные фигуры: для четырехкомпонентных систем (составов) — тетраэдр с вершинами, отвечающими отдельным компонентам, и промежуточными видами, границы которых определяются равноудаленностью от соседних видов. В случае поликомпонентных систем (с числом более четырех) приходится пользоваться геометрией четырех и более измерений.

На основе этого принципа Болдыревым были введены уточнения во многие группы минералов. Так, в группе коллоидных и субкристаллических гидроокислов марганца

---

<sup>25</sup> Там же, с. 465.





*Схема равномерного разделения группы двухкомпонентных (слева) и трехкомпонентных (справа) минералов переменного состава на виды из книги А. К. Болдырева «Курс описательной минералогии». Вып. I. 1926 г.*

с переменным составом им были выделены следующие минеральные виды: гидроманганозит, гидрогаусманит, гидробраунит, гидроманганит, гидроксидбраунит и гидропиролюзит. Группу кальцита-арагонита Анатолий Капитонович дополнил тремя минеральными видами коллоидных минералов: коллоидальным кальцитом, коллоидальным магнетитом (джиобертитом) и коллоидальным сидеритом, Систематизируя по тому же принципу минералы группы шпинели, Болдырев в кубическом ряду этой группы выделяет 29 минеральных видов, среди которых 13 являются новыми; им он «подыскивает» новые, рациональные, основанные на химическом составе и отличиях названия: магноферроганит, манганферроганит, магномагнетит, магноякобсит, ферроякобсит, феррофранклинит, манганоякобсит, хромшпинель и др. Большой интерес представляет его попытка наметить все теоретически возможные минеральные виды в ряду шпинелидов. Результаты этого вывода сведены Болдыревым в таблицу, состоящую из 225 клеток, соответствующих всем возможным минеральным видам шпинелидов. В природе, на время составления «Курса описательной минералогии» (вып. III, 1935 г.), было констатировано лишь 28 минеральных видов и 4 были получены искусственно. Вновь устанавливаемые минеральные виды найдут свое место в одной из клеток этой таблицы, хотя автор курса и предупреждает, что нет оснований ожидать в дальнейшем заполнения всех клеток таблицы, «ибо вполне вероятно, что не все компоненты шпинелидов могут смешиваться во всевозможных пропорциях».<sup>26</sup>

<sup>26</sup> Болдырев А. К. Курс описательной минералогии. Вып. III, с. 123.

Нельзя, однако, утверждать, что геометризованная схема выделения минеральных видов, предложенная Болдыревым, получила всеобщее признание. Среди минералогов многие следуют системе Болдырева (А. Г. Бетехтин — для минералов группы оливина, Ю. А. Билибин — для группы карбонатов, Г. Б. Бокий в своей статье 1974 г. — при определении понятия «минеральный вид» и др.), а некоторые, ссылаясь на известный формализм системы выделения минеральных видов в применении к земной коре, выдвигают те или иные возражения. Однако в большинстве случаев (применительно к природным химическим соединениям) схема Болдырева вносит строгую логичность и позволяет, в частности, предсказывать еще неустановленные новые минеральные виды.

В болдыревских курсах минералогии в полной мере использована новая терминология минералообразующих процессов, им разработанная и кратко освещенная нами в предыдущем разделе (с. 192, 193). Для успешного усвоения студентами вопросов генезиса минералов важное методологическое значение имеет разграничение основных процессов и сложных, как бы состоящих из основных; к таким относятся пегматитовый и контактово-метасоматический процессы, которые можно, как указывает А. К. Болдырев, представить себе как совокупность основных процессов, действующих одновременно или последовательно. Такой подход к генезису позволяет студентам легче усваивать сложные вопросы одной из важнейших «групп сведений о минералах» — геологии (генезиса).

## Высшая минералогия. История минералогии

На минералогию как науку А. К. Болдырев смотрел весьма широко. Он четко разделял ее на две части или, как он выражался, «на два концентриа, или, лучше сказать, два этажа или горизонта». В связи с этим он делил минералогию на элементарную и высшую, определяя задачи каждой из них следующим образом: «Под высшей минералогией мы разумеем ту часть минералогии, которая или требует для своей разработки и для своего понимания глубокого знакомства с какими-либо геологическими дисциплинами (в том числе и с элементарной минералогией), или занимается новейшими достижениями в области минералогии, в особенности имеющими еще дис-

куссионный характер... Элементарной же минералогией мы считаем ту часть этой науки, как описательную, так и общую, которая требует для своей разработки и своего изложения лишь знакомства с элементами геологических знаний».<sup>27</sup>

Элементарную минералогию А. К. Болдырев в свою очередь делил на теоретическую, или общую, и описательную, или специальную. Первая изучает методы познания минералов, а также известные законы и факты, относящиеся ко всем минералам, ко всему минеральному царству или к крупным группам минералов. Цель второй — всестороннее изучение и описание отдельных минералов. В теоретической, или общей, минералогии Болдырев выделяет следующие части: морфологию (учение о формах) минералов, физику минералов, химию минералов, геологию минералов (условия происхождения, бытия и разрушения минералов в земной коре) и классификацию минералов.

Значительный интерес проявлял Анатолий Капитонович и к истории минералогии, которую он относил к центру «высшей минералогии». В качестве фрагмента высшей минералогии он в своем «Курсе описательной минералогии» дал краткий, но весьма четкий очерк истории минералогии с характеристикой ее самых выдающихся представителей. Болдырев высоко ценил предшественников в науке. Достаточно вспомнить его глубоко почтительное посвящение к «Определителю кристаллов». Кроме того, им был переведен на русский язык трактат Теофраста (310—225 г. до н. э.) «О камнях», к сожалению, оставшийся неопубликованным.

Мечта Анатолия Капитоновича Болдырева о создании полной монографии «Высшая минералогия» так и не осуществилась. Интенсивная научная и педагогическая деятельность, направленная на совершенствование преподавания в высшей школе кристаллографии и минералогии, работа над «Определителем кристаллов», «Рентгенометрическим определителем минералов», геолого-минералогические исследования, вызываемые жизнью решения важных научно-практических задач, — все это постоянно отвлекало его от работы над «Высшей минералогией».

---

<sup>27</sup> Болдырев А. К. Очерки высшей минералогии. — Бюлл. журн. «Колыма», 1944, № 1, с. 8, 9.

Мысль о создании «Высшей минералогии» владела им на протяжении всей его научной деятельности и лишь в последний период своей жизни ему удалось приступить к ее осуществлению, но уже в условиях отсутствия основной и специальной литературы. Работая в Геологоразведочном управлении Дальстроя, Анатолий Капитонович параллельно с выполнением ряда научно-исследовательских тем с большим увлечением работал над «Высшей минералогией». Его монография «Очерки высшей минералогии» вышла в свет в 1944 г. К сожалению, эта работа ученого была опубликована в весьма малодоступном периодическом издании, вследствие чего не получила широкого распространения.

Монография состоит из двух очерков. В первом, озаглавленном «Понятие о высшей минералогии и ее содержание», несмотря на небольшой объем, рассматривается ряд весьма важных вопросов. Состоит он из следующих разделов: 1) определение минералогии и ее связь с родственными науками, 2) о необходимости разделения минералогии на элементарную и высшую, 3) определение высшей минералогии и ее положение в схеме наук и 4) содержание высшей минералогии.

Характеризуя минералогию как науку, А. К. Болдырев указывает, что «к области минералогии относится изучение минералов со всех точек зрения. В этом изучении она опирается на ряд других наук: на кристаллографию, физику, химию и основы геологии, из которых в особенности две первые требуют глубокого знания некоторых разделов математики. С другой стороны, основательное знакомство с минералогией совершенно необходимо для изучения петрографии, геохимии, учения о полезных ископаемых и для более глубокого изучения некоторых отделов геологии».<sup>28</sup>

Положение минералогии среди других наук А. К. Болдырев иллюстрирует соответствующей схемой.

Основные идеи Анатолия Капитоновича, изложенные во втором и третьем разделах первого очерка, были рассмотрены нами выше. Определяя же положение высшей минералогии в группе геологических наук, он приходит к выводу, что «так как она (высшая минералогия, — *И. Ш., В. А.*) опирается на все такие науки (геологиче-

---

<sup>28</sup> Там же, с. 5.

БЮЛЛЕТЕНЬ ЖУРНАЛА

# КОЛЫМА

Орган Главного  
управления  
Дальстроя  
МНВД СССР

ГОД ИЗДАНИЯ  
ЧЕТВЕРТЫЙ

№ 1

1944 ГОД

Проф. А. К. БОЛДЫРЕВ  
доктор геологических наук

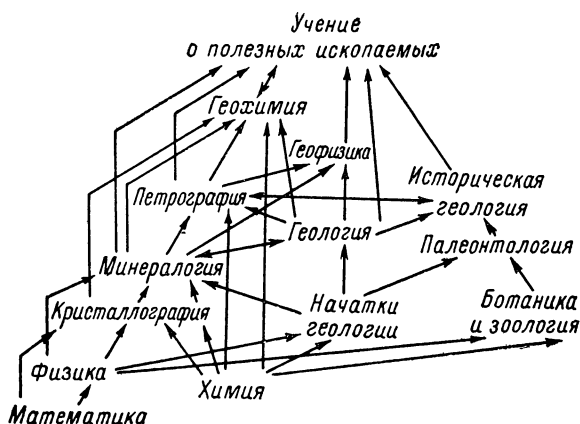
## О ЧЕРКИ ВЫСШЕЙ МИНЕРАЛОГИИ

ОЧЕРК I. ПОНЯТИЕ О ВЫСШЕЙ МИНЕРАЛОГИИ  
И ЕЁ СОДЕРЖАНИЕ.

ОЧЕРК II. ИСТОРИЯ МИНЕРАЛОГИИ.

г. МАГАДАН

*Титульный лист книги А. К. Болдырева «Очерки высшей минералогии». 1944 г.*



Положение минералогии среди других наук. Схема из книги А. К. Болдырева «Очерки высшей минералогии». 1944 г.

ские, — И. Ш., В. А.) без исключения, то она должна стоять в схеме выше всех указанных наук или лучше на одном уровне с учением о полезных ископаемых. При этом к ней снизу должны быть направлены стрелы решительно от всех геологических дисциплин, включая даже палеонтологию и историческую геологию. И она должна быть связана с учением о полезных ископаемых двусторонней стрелой».<sup>29</sup>

Интересны и мысли ученого, которые он развивает, определяя содержание высшей минералогии. И хотя он утверждает, что в период формирования новой науки довольно трудно полностью предвидеть тот круг вопросов, которыми она будет заниматься в ходе своего развития, тем не менее он достаточно подробно обрисовывает контуры новой науки. Говоря о содержании высшей минералогии, Анатолий Капитонович выделяет в ней следующие части.

1. Вводная часть, включающая все вопросы общего характера, — современное понятие о минерале; определение минералогии и ее связь с родственными науками; разделение минералогии; история минералогии; понятие о минералогическом виде; классификация минералов; минералогическая номенклатура; минералогические спра-

<sup>29</sup> Там же, с. 9.

вочники; периодические издания и классические руководства и справочники.

2. Морфология минералов — обобщения по морфологии минеральных образований; габитусы кристаллов минералов и их генетическое значение; кристаллографический определитель минералов; морфология минеральных сростаний и прорастаний; пегматитовые и пертитовые сростания и прорастания.

3. Физика минералов — твердость и методы ее измерения, удельный вес и методика его определения, цвета минералов, причины окраски их и современные методы ее изучения и обозначения, обобщения по оптике минералов, новые методы кристаллооптики, магнитные свойства минералов и их применение к диагностике минералов в смесях (в шлихах, протолочках и т. п.); электрические свойства минералов: электропроводность, минералы как источник и как продукт природного электролиза, минералы — выпрямители тока и стабилизаторы электромагнитных волн; люминесценция минералов и ее применение к их диагностике; рентгенометрия минералов — рентгенометрическая диагностика минералов, рентгеноспектральный анализ в минералогии, определение кристаллической структуры и структуры минералов, классификация минералов на основе структуры их кристаллов, учение об ионных радиусах и его приложение в минералогии, понятие об энергии кристаллической решетки, применение этого понятия в геохимии и минералогии, объяснение механических свойств минералов на основе структуры их кристаллов; радиоактивность минералов — основы учения о радиоактивности, значение этого явления в настоящем и перспективы, им открываемые для науки и техники будущего, радиоактивные минералы, руды урана, радия и тория и их месторождения, определение абсолютного возраста минералов, горных пород и стратиграфических подразделений методами радиоактивности, плеохроичные оболочки вокруг включений одних минералов в других как следствие радиоактивности первых, радиоактивность и ее влияние на температуру земной коры; температура плавления важнейших минералов.

4. Химия минералов — новые идеи в учении об изоморфизме в связи с ионными радиусами; структурные формулы минералов; полиморфизм в свете учения об ионных радиусах и его значение для познания генезиса ми-

неральных месторождений; физико-химические основы магматических процессов минералообразования без легколетучих компонентов и с ними; физико-химические обоснования процессов метаморфизма; физико-химические основы образования минералов в водных бассейнах; химизм процессов выветривания; учение о коллоидах в минералогии; обзор современных химических методов анализа минералов — качественных, количественных, микрохимических, капельных, полярографических, спектральных; физико-химические методы исследования минералов и физико-химический их анализ; синтез минералов; основы геохимии и ее приложение к минералогии — понятие о геосферах, кларки элементов, приложение учения о строении атомов в геохимии, закон Оддо—Гаркинса, геохимические выводы из учения об ионных радиусах и об энергии кристаллической решетки, геохимическая модификация таблицы Менделеева и геохимическая классификация химических элементов, парагенезис элементов и парагенезис минералов, концентрация, аккумуляция и рассеяние химических элементов в земной коре, минералы максимальной концентрации и массовой концентрации, миграция химических элементов и ее связь с процессами генезиса и разрушения минералов, геохимия отдельных элементов.

5. Геология минералов — классификация процессов минералообразования: космогенный процесс и учение о метеоритах, магматогенный процесс, пегматитовый процесс, минеральные компоненты пегматитов, классификация пегматитов, пневматолитовый процесс и его минералы, гидротермальный процесс и разделение гидротермальных минеральных месторождений, процессы контактового метаморфизма, контактные минералы и контактные горные породы, термометаморфизм и динамометаморфизм, процессы регионального метаморфизма, их связь с изверженными породами и с зонами дислокаций, минералы регионального метаморфизма, процессы химического выветривания и их продукты, значение процессов выветривания для почвообразования, вторичное обогащение минеральных месторождений, процессы минералообразования в водных бассейнах, биогенез минералов, минералогические фации и провинции, топоминералогические исследования (минералогическое картирование), их смысл и значение, шлиховые карты, минералогические провинции СССР.



6. Экономика минералов — минералы «полезные» и «бесполезные», их распределение по классам; роль минералов как сырья в современной индустрии; общие сведения об областях применения минералов; применение некоторых более редких групп минералов; статистика добычи полезных минералов в различных странах мира; значение минералогических исследований для поисков и разведок полезных ископаемых; минералогическая служба СССР.

7. Заключительная часть — для всякого рода обобщений, выводимых из уже накопленного материала высшей минералогии; современные пути минералогии; минералогия будущего.

Даже беглое знакомство с точкой зрения А. К. Болдырева на содержание высшей минералогии показывает, как широко и глубоко рассматривал он цели и задачи этой науки. Поражает тщательность и основательность проработки ученым этого вопроса. Ведь план-содержание высшей минералогии был составлен более 30 лет тому назад. Однако и сейчас, на новом этапе развития минералогии, вряд ли можно много добавить к тому, что включил А. К. Болдырев в контуры этой новой геологической дисциплины. И хотя по плану, намеченному ученым, до настоящего времени не существует сколько-либо полных трактатов, тем не менее отдельные вопросы высшей минералогии получили блестящее развитие в трудах его учеников и последователей. Достаточно назвать хотя бы учение о парагенезисах минералов Д. С. Коржинского, кристалломорфологию минералов И. И. Шафрановского, онтогению и конституцию минералов Д. П. Григорьева и многие другие.

Свой второй очерк Анатолий Капитонович посвятил истории минералогии. В нем он рассматривает минералогические знания человека в доисторический период и частично в древние века. Приходится удивляться, с каким мастерством он, не имея достаточного количества специальной литературы, так интересно и увлекательно смог изложить, правда фрагментарно, минералогические знания народов древней Месопотамии, древнего Египта, стран между Египтом и Месопотамией, других стран Ближнего Востока, Древней Греции и Древнего Рима.

По объему второй очерк значительно превышает первый. Текст, занимающий почти 90 страниц, сопровожда-

ется многочисленными иллюстрациями, таблицами и картами. В качестве заключения к истории развития минералогии в доисторический период и в древние века автор приводит таблицу минералов и горных пород, известных в древние времена или применявшихся в тот период.

Согласно этим данным, уже в древние времена было известно 77 минералов и 27 горных пород; люди каменного века, помимо воздуха, воды и льда, уже знали нефрит, жадеит и хлоромеланит, серпентин, красный железняк, кварц и горный хрусталь, кальцит, янтарь и асбест. Знания сумеро-аккадов и ассиро-вавилонян дополнились еще 26 минералами, среди которых были золото, серебро, медь, железо, рубин, магнетит, изумруд, касситерит и другие. Исключительный интерес представляют эти таблицы для всех тех, кто занимается историей развития минералогических знаний в самые ранние периоды человеческой истории.

Завершив обзор трудов Болдырева по минералогии, естественно было бы выяснить — сохранило ли свое значение в настоящее время его минералогическое научное творчество? Весьма образно и четко на этот вопрос отвечает видный ученик А. К. Болдырева, профессор минералогии, его преемник по кафедре минералогии Ленинградского горного института Дмитрий Павлович Григорьев: «Если не буква, то дух болдыревской системы и школы несомненно и ныне верно служит развитию науки о минералах, а тем самым делу изучения и расширения минеральных богатств нашей страны. Строгая логика, систематичность при исследовании, точность передачи мысли, лаконичность при изложении результатов исследования — качества А. К. Болдырева, которые ученый прививает своим ученикам и последователям, были и будут всегда признаками научной работы высокого класса».<sup>30</sup>

---

<sup>30</sup> Григорьев Д. П. Минералогическая школа А. К. Болдырева. — Зап. ВМО, 1964, ч. 93, вып. 2, с. 166.

### Работы в области общей и практической геологии и геологоразведочного дела

Научное творчество Анатолия Капитоновича Болдырева исключительно многогранно.

Почти четверть века он плодотворно сочетал огромную научную и педагогическую деятельность в Ленинградском горном институте с интенсивной научно-производственной работой в Геологическом комитете — ВСЕГЕИ.

Из всего сказанного ранее видно, что основными областями его научной деятельности на протяжении всей жизни были кристаллография и минералогия. Именно кристаллографические и минералогические труды создали ему широкую известность как в СССР, так и за рубежом.

Вместе с тем Анатолий Капитонович был одновременно и геологом широкого научного профиля, которого глубоко интересовали различные стороны геологоразведочной теории и практики. Еще на заре научной деятельности его внимание привлекали вопросы картирования и подсчета запасов полезного ископаемого в месторождении. Интерес к этим вопросам сохранился у А. К. Болдырева до конца жизни. Значительное внимание уделял он также геологии рудных месторождений, петрографии и гидрогеологии. Верный своим научным принципам, унаследованным от своего великого учителя Е. С. Федорова, — решать встававшие перед ним научные проблемы методом математического мышления и оценивать геологические факты и явления количественно точными характеристиками, — А. К. Болдырев и в этих областях оставил весьма заметный след.

В области общегеологических и инженерногеологических исследований ученого можно выделить следующие направления, перечисляемые в последовательности вовле-

чения их в орбиту научных интересов Анатолия Капитоновича:

а) петрографические исследования на Мурманском побережье (1903 г.; 1913<sup>1</sup>);

б) геологические и геологоразведочные исследования отдельных районов на Урале (1904—1905, 1910—1911 гг.), Кавказе (1906 г.), на Урале, Алтае, в Забайкалье (1927—1932 гг.) и на Северо-Востоке СССР (1942—1945 гг.);

в) теория и организация геологоразведочного дела, картирование, классификация и подсчет запасов в месторождениях (1913—1914, 1918, 1922—1927, 1942—1943 гг.);

г) гидрогеологические исследования (1914 г., 1926<sup>2</sup>).

Перейдем к краткой характеристике трудов Болдырева по отдельным направлениям.

## Петрография

Анатолий Капитонович Болдырев не был специалистом-петрографом в полном смысле слова, однако петрографические исследования неоднократно оказывались в поле зрения ученого, составляя важные этапы его научной деятельности.

Придавая большое значение методам оптических исследований, Болдырев еще в студенческие годы капитально изучает кристаллооптику в применении к минералам и горным породам и осваивает практику петрографического описания шлифов горных пород. Особое значение он придает федоровскому универсальному методу оптических исследований.

Все это позволило Анатолию Капитоновичу еще в самом начале своей научной деятельности провести крупное петрографическое исследование, результаты которого были изложены в монографии, опубликованной в 1913 г. под названием «Петрография Восточного Мурмана (Лapplandia)».

Фактическим материалом для этой работы послужили полевые сборы 1903 г. во время участия Болдырева в экспедиции в качестве коллектора-практиканта у профессора Е. С. Федорова, проводившего геолого-петрографическое

---

<sup>1</sup> Дата выхода работы в свет.

<sup>2</sup> Дата выхода работы в свет.

изучение магматических и метаморфических пород побережий Баренцева и Белого морей.

Объектом самостоятельных петрографических исследований Анатолия Капитоновича были магматические породы на участке побережья Баренцева моря от Кольского залива до мыса Святой Нос.

Несмотря на то что полевые работы и камеральная обработка собранных материалов проводились А. К. Болдыревым еще во время его студенчества, упомянутая монография ярко свидетельствует о глубокой целеустремленности молодого ученого. Она может служить и в настоящее время ярким примером бережного отношения исследователя к фактическому материалу, образцом тщательной обработки каменных материалов, а также высокой обоснованности всех выводов. Об этом свидетельствует само построение монографии.

Первые две части, составляющие около трети ее объема, содержат объективное описание геологических маршрутов и всех наблюдавшихся геологических фактов, относящихся главным образом к петрографии побережья. В третьей части, составляющей вместе с четвертой также треть монографии, приводятся результаты точных оптических измерений и химических исследований горных пород. Четвертая часть, как указывает автор, «охватывает в одно целое материалы второй и третьей частей, давая тем самым выводы из ... наблюдений».<sup>3</sup> Пятая часть посвящена критическому разбору предшествующих работ по петрографии Мурмана, а шестая, вновь говоря словами автора, «дает окончательное заключение о петрографическом строении Восточного Мурмана на основании всей совокупности известных (мне) в настоящее время фактов».<sup>4</sup> Последняя, седьмая, часть посвящена теоретическому обсуждению — на основе всего имеющегося фактического материала — проблемы пластичности и частичного переплавления горных пород под влиянием давления.

Первые разделы монографии дают поучительные примеры обстоятельности, конкретности и краткости описаний обнажений, выходов горных пород и наблюдаемых геологических явлений.

---

<sup>3</sup> Болдырев А. К. Петрография Восточного Мурмана (Лapplandia). — Зап. АН, 1913, т. XXXI, № 8, с. 2.

<sup>4</sup> Там же.

В процессе камеральной обработки собранных каменных материалов автор широко использовал федоровскую методику — измерение оптических констант породобразующих минералов на федоровском столике, получив тем самым объективные, точные количественные характеристики для всех главных минералов — плагиоклазов, микроклина, пироксенов и амфиболов.

По совокупности данных полевых наблюдений и лабораторных исследований автором приводится детальная петрографическая характеристика всех пород гранитного массива, его формы залегания, структуры, слагающих граниты минералов, а также проявлений метаморфизации; в заключение излагаются соображения о генезисе гранитов. По аналогичному плану описаны и породы диабазовой формации.

Описание отличается конкретностью, ясностью изложения и обоснованностью выводов. С полной убедительностью показано преобладание в архейских гранитах кислых плагиоклазов двух групп: № 0—9 и 20—27. Лишь в амфиболовых включениях плагиоклазы оказываются более основными (до № 45). Промежуточная группа альбит-олигоклазов № 10—19 в породах массива встречается значительно реже. Ортоклаз полностью отсутствует. Для микроклина характерно значительное содержание натрия (до 5%  $\text{Na}_2\text{O}$ ) и наличие железа. Большой интерес представляют приводимые автором данные о вторичном характере микроклина (новообразования свежего микроклина в разрушенном полевом шпате). В серых гранитах плагиоклаз является более основным по сравнению с красными и красно-серыми гранитами. Прорывающие граниты многочисленные штоки и жилы пород диабазовой формации отличаются значительно более основным плагиоклазом (в среднем № 61) и преобладанием пироксенов, представленных главным образом диаллагом и авигитом.

Изучая процессы метаморфизма гранитовых и диабазовых пород, Болдырев обращает внимание на то, что явления катаклаза, весьма сильно развитые в гранитах, совершенно отсутствуют в диабазах.

Обсуждая генезис магматических пород Восточного Мурмана, Анатолий Капитонович приходит к выводу о более молодом возрасте пород диабазовой формации по сравнению с гранитами. При формировании же гранит-

ного массива, очевидно, имела место дифференциация, в результате которой возникли более бедные кремнеземом и более богатые натрием серые граниты и более богатые кремнеземом и калием красные разности. Автор на основании фактических данных своего исследования высказывается за интрузивное образование гранитов, сопровождающееся интенсивными явлениями ассимиляции. Что касается проблемы генезиса пород диабазовой формации, то Анатолий Капитонович приводит убедительные данные, свидетельствующие об общности магматического очага, создавшего весь комплекс диабазовых пород; присутствующее на побережье диориты, правда с известными оговорками, он считает результатом начального этапа дифференциации той же магмы, которой обязаны и породы диабазовой формации.

Большой интерес представляет заключительная часть монографии, посвященная теоретическому осмысливанию и объяснению наблюдавшихся явлений динамометаморфизма. Вопрос, который ставит перед собой исследователь, сформулирован следующим образом: «Способно ли давление вызвать в земной коре повышение температуры, достаточное для частичного расплавления горной породы?»<sup>5</sup> Рассматривая этот вопрос с помощью математического анализа, А. К. Болдырев теоретически обосновывает положение, что при микросдвигах для расплавления минералов нет необходимости в больших давлениях. Свое заключение он сопровождает формулой, связывающей величину давления при микросдвигах с развиваемой им теплотой. Математически доказывается, что при возникновении пологих складок под влиянием бокового давления величина последнего достигает значений, превышающих 3800 кг на 1 см<sup>2</sup>, что при микросдвигах и растрескиваниях в дислоцируемых породах может приводить к оплавлению минералов близ трещин с повторной (при благоприятных условиях) раскристаллизацией расплавов и с образованием новых минералов.

Свой конечный вывод А. К. Болдырев формулирует следующим образом: «При достаточно интенсивной дислокации, при достаточно обильном и частом повторении сдвигов, сбросов, микросдвигов и растрескиваний общее повышение температуры может быть настолько значи-

<sup>5</sup> Там же, с. 84.

тельно, что станет возможной значительная или полная перекристаллизация породы. И для этого нет нужды в невероятно огромных давлениях; для этого достаточно давления около 4000 кг на 1 см<sup>2</sup>».<sup>6</sup>

Несмотря на то что охарактеризованное выше петрографическое исследование А. К. Болдырева проводилось им на заре научной деятельности, а со времени публикации прошло более 60 лет, эта работа не потеряла своего значения и в настоящее время. «Указанные и некоторые другие заключения А. К. (по работе «Петрография Восточного Мурмана», — *И. Ш., В. А.*) несомненно представляют интерес для петрографов», — подтверждает видный советский петрограф и петролог профессор С. П. Соловьев.<sup>7</sup>

Периодически А. К. Болдырев возвращался к петрографии и в дальнейшем. В его работах, посвященных геологии и полезным ископаемым, почти постоянно большое внимание уделяется петрографической характеристике различных горных пород магматического, осадочного и метаморфического генезиса. С большой подробностью им были описаны интрузивные и эффузивные породы Нижне-Тагильского рудоносного района, пегматиты Алтая и ряда других районов Советского Союза.

### **Изучение месторождений полезных ископаемых**

Параллельно с интенсивной научной работой в области кристаллографии и общей минералогии Анатолий Капитонович Болдырев в качестве геолога-поисковика и геолога-разведчика систематически занимался практическим изучением месторождений полезных ископаемых в различных районах Советского Союза (Урал, Западная Сибирь, Забайкалье).

Еще в период студенчества он участвовал в полевых работах на Благодатных золото-серебро-свинцово-медных рудниках (Урал), медном месторождении Кедабек (Кавказ), на месторождениях золота и платины в Верхне-

---

<sup>6</sup> Там же, с. 94.

<sup>7</sup> Соловьев С. П. Работы А. К. Болдырева в области петрографии и учения о полезных ископаемых. — Зап. ВМО, 1956, ч. 85, вып. 3, с. 388.



Уральском районе. Несколько позднее Анатолий Капитонович, уже самостоятельно, руководит разведочными работами на целый ряд металлических и неметаллических полезных ископаемых в Нижне-Тагильском округе (Средний Урал). В работе 1927 г. наряду с петрографическим описанием рудоносных пород Нижне-Тагильского района он дает достаточно полную характеристику Лебяжинского и Высокогорского железорудных месторождений, Сапальского месторождения марганца и Меднорудянского месторождения. Им была составлена геологическая карта района этих месторождений и высказаны соображения о генезисе железорудных месторождений. В частности, было установлено, что магнетит, залежи которого приурочены к контакту карбонатных пород с сиенитами, последующими процессами был изменен в мартит (псевдоморфозы гематита по магнетиту). Для Лебяжинского месторождения был произведен подсчет запасов железных руд (1927 г.). При этом было сделано обоснованное заключение, что прогнозные (он называет их неразведанными) запасы полезного ископаемого могут быть надежно определены только в результате «глубокого изучения геологии как самих месторождений, так и окружающего района».

По предложению горного отдела Уральского областного СНХ — в порядке подготовки к Первому уральскому съезду работников железорудной промышленности — Болдыревым были сведены запасы железных руд Урала, опубликованные в виде ряда таблиц и заключений в 1929 г. В сводных таблицах приведены данные о запасах по категориям, разработанным несколько ранее самим Анатолием Капитоновичем (об этом будет идти речь ниже), по сортности руд, содержанию металла в рудах и коэффициентам разведанности месторождений. Верный принципам строжайшей объективности, автор сопоставляет свои данные с подсчетами других геологов, а также сравнивает общие запасы Урала с запасами других районов СССР и с мировыми. Интересно напомнить, что на 1929 г. (возможно, на 1927 г.) общие запасы железных руд Урала (по данным А. К. Болдырева) составляли приблизительно 17% общих запасов СССР и около 0.7% мировых. В заключение Болдыревым был дан ряд рекомендаций, направленных на дальнейшее увеличение запасов железных руд на Урале. В числе их мы видим

как рекомендации по дальнейшей разведке уже известных месторождений, так и по поискам новых районов проявления железных руд типа магнетитовых залежей, сидеритов и бурых железняков Бакальского и Алапаевского типа, а также оолитовых пластовых месторождений бурых железняков. Настоятельно требует ученый составления детальных геологических карт. В настоящее время многое в этом плане уже сделано.

Как сотрудник Геолкома Анатолий Капитонович принимал активное участие в практической инженерной деятельности. Осенью 1925 г. по поручению Геологического комитета ему с помощником В. С. Домаревым пришлось посетить действующие медные рудники Калатинского района на Урале с тем, чтобы выяснить состояние геологоразведочных работ в районе.

В печатной публикации по итогам этой инспекционной поездки (1925 г.) охарактеризовано состояние разведочных и эксплуатационных работ на рудниках, приведены запасы и состав руд по отдельным месторождениям, рассмотрены ближайшие производственные перспективы Калатинского комбината, описан ряд интересных геолого-минералогических явлений: присутствие в рудах в заметных количествах мышьяка, асбеста и турмалина, выявлены закономерности распределения богатых и бедных руд, высказаны соображения о генезисе руд. Все это в конечном итоге позволило Геологическому комитету и производственным геологическим предприятиям выработать план дальнейших геологических исследований и разведок уральских колчеданных месторождений меди.

Важной вехой научного творчества А. К. Болдырева в этом направлении было изучение алтайских полиметаллических месторождений. Совместно с И. Ф. Григорьевым он составляет карту полиметаллических месторождений Русского Алтая (1927 г.) и одновременно разрабатывает вопросы картирования месторождений полезных ископаемых.

В 1928—1929 гг. А. К. Болдырев проводит детальные геологические исследования и поисково-разведочные работы в Забайкалье.

Не ограничиваясь только поисками коренных месторождений и элювиальных россыпей, как поступали его предшественники, Анатолий Капитонович в своей работе использует весь комплекс детальных поисковых и разве-

дочных работ в сочетании с систематическими геолого-минералогическими и петрографическими исследованиями. На основании тщательного минералогического изучения района и систематического опробования выходов рудных тел по старым выработкам он отмечает, что берилл здесь представлен как обычными кристаллами, так и чистыми, «прекрасными и безупречными» бледно-окрашенными аквамаринами.

В результате анализа всех предшествовавших геологических исследований Болдырев приходит к убеждению о наличии геологических предпосылок к существованию в этом районе промышленных аллювиальных россыпей. Целеустремленно направленными разведочными работами и тщательным опробованием им были выявлены промышленные россыпи с высокими содержаниями касситерита, ферберита и базовисмутита. В работах 1929 г. ученый дает подробное описание разведочных работ и примененных методов опробования. Выводы о промышленном характере россыпей надежно обосновываются результатами опробования с введением необходимых поправок на неравномерную зернистость материала и ряд других факторов, искажающих истинные значения содержаний полезных компонентов. В этом в полной мере проявился обычный для Болдырева строго логический и глубоко продуманный метод решения стоящих перед ним задач. Обнаруженные россыпи были охарактеризованы как в отношении размеров, так и запасов полезных компонентов.

Что касается генезиса россыпного оловянного оруденения, то Анатолий Капитонович высказывает мысль о том, что касситерит обязан своим происхождением тем же аквамарино-топазо-хрусталеносным жилам и грейзеновым телам, из которых попали в россыпь и ферберит, и базовисмутит.

Выдающееся значение проведенных А. К. Болдыревым геологических исследований в Забайкалье и выявленных там оловянных россыпей определяется тем, что в 30-е годы оловянное оруденение в СССР было известно лишь в одном Ононском районе. Поэтому обнаружение олова в новом районе послужило мощным импульсом к дальнейшим поисковым исследованиям на этот металл в нашей стране.

После завершения геологических работ в Забайкалье А. К. Болдырев переключился на изучение некоторых

районов Алтая. Первые итоги — общие черты геологии и минералогии месторождений — были доложены им в Минералогическом обществе, а затем на IV Всесоюзной конференции по цветным металлам (1932 г.). К сожалению, довести до конца это геологическое исследование Анатолий Капитоновичу не удалось.

После довольно значительного перерыва, уже работая на Северо-Востоке СССР, А. К. Болдырев активно участвует в изучении ряда оловорудных месторождений бассейна р. Колымы, а в 1944 г. пишет крупную работу, посвященную обзору мировых месторождений золота, напечатанную посмертно, в 1946 г. В этой работе автор рассматривает главнейшие золотые поля мира на фоне геолого-тектонических структур, приводит статистические данные по мировой экономике золота и создает классификацию месторождений золота по их запасам.

Работа А. К. Болдырева, посвященная обзору мировых месторождений золота, является несомненно шагом вперед после известной монографии В. Эммонса о золотых полях мира, вышедшей в свет в 1937 г. Болдырев приводит новейшие данные по мировой экономике металла, критически пересматривает многие положения своего предшественника и выявляет ряд неточностей в отношении золотых полей Советского Союза и ряда других стран. Он отмечает резкое несоответствие между схемой распределения золотых полей и тектонической схемой Кобера—Мазаровича. Изучая закономерности геологического распределения месторождений золота в земной коре и размещения золотоносных полей в геологических структурах, Анатолий Капитонович приходит к интересным и важным выводам. Он, например, подчеркивает, что в западном полушарии Земли значительно определеннее вырисовывается приуроченность золотого оруденения — главнейших золотых полей — к поясам мезозойских и третичных гранитоидных интрузий. С меньшей определенностью и ясностью проявляются подобные взаимосвязи в восточном полушарии. Важным с практической точки зрения является указание Болдырева на то, что золоторудные месторождения определенного, например мезозойского, возраста чаще всего располагаются среди комплексов более древних или более молодых пород (месторождения Южной Африки, северо-запада Северной Америки и др.). В результате анализа закономерностей размещения зо-

лотых полей в геологических структурах Анатолий Капитонович приходит к выводу о непосредственных связях месторождений с изверженными породами, через них с зонами разломов, а уже через последние — с крупными пликативными дислокациями. В работе А. К. Болдырева кратко охарактеризованы 30 золотых полей мира (исключая СССР). Заслуживают внимания его рекомендации о необходимости поисков золотого оруденения в областях развития докембрия (Антарктический материк, северные территории Канады), о возможной золотоносности Камчатки и некоторые другие. Ряд рекомендаций ученого послужил отправным пунктом для последующих геолого-поисковых работ на Северо-Востоке СССР.

### Вопросы теории поисково-разведочного дела

В этой области главное внимание Болдырева было сосредоточено на трех основных вопросах — геологическом картировании, классификации и теории подсчета запасов полезного ископаемого в месторождении.

Методическая сторона геологоразведочного дела привлекала внимание ученого еще в самые ранние периоды его научно-производственной деятельности. Во время геологической съемки платиновых россыпей Урала (1912—1913 гг.) он даже сам объявил профиль своей деятельности как инженерно-разведочный. Глубоко вникая в существо разведочного дела, исходя из положения, что «правильной эксплуатацией следует называть такую, при которой все промышленное полезное ископаемое добывается без остатка»,<sup>8</sup> Болдырев разрабатывает научные и организационные приемы геологической съемки россыпей, сочетающие общие цели с наличием материальных условий и обеспечивающие высокую точность работ для подсчета запасов и эксплуатации. Актуальность разрабатывавшихся в 1912—1914 гг. проблем находит свое подтверждение в том, что те же самые вопросы являются ведущими в теории и практике горного дела и в настоящее время.

А. К. Болдырев живо интересовался также постанов-

---

<sup>8</sup> Болдырев А. К., Анискович А. А. Мензульная гипсометрическая съемка россыпей. — Горн. журн., 1914, т. IV, кн. 10, с. 61.

кой и совершенствованием организации геологоразведочного дела на горных предприятиях и активно выступал в печати по этому вопросу (1925 г.). Он поднимал такие важные проблемы геологоразведочного дела, как необходимость увеличения доли ассигнований непосредственно на разведку, организацию геологоразведочных бюро на горных предприятиях, издание руководящих инструкций по организации и работе геологоразведочных бюро, о подготовке квалифицированных кадров геологоразведчиков и необходимости координации работы местных геологоразведочных бюро с работой Геологического комитета.

Прекрасно понимая значение геологоразведочной документации, он настоятельно требовал наведения жесткого порядка в учете и хранении коллекций и других материалов разведки. Во многих отношениях его высказывания не потеряли своей актуальности и в наши дни.

### Геологическое картирование

Вопросами геологического картирования вынудили А. К. Болдырева заняться его геологические исследования на Алтае. Совместно с другим крупнейшим знатком рудных месторождений И. Ф. Григорьевым им был проведен глубокий анализ Русского Алтая в отношении полиметаллического оруденения по состоянию на начало 20-х годов настоящего столетия. Исследователями были детально изучены все изданные до 1922 г. картографические материалы этого региона. Анализ показал, что все эти материалы по существу являлись лишь регистрационными картами и не могли служить делу дальнейших поисков полиметаллического оруденения. Авторы поэтому поставили перед собой задачу — составить карту, которая бы обобщала и отражала всю совокупность геолого-минералогических знаний по полиметаллическому оруденению, так называемую синтезирующую карту.

Составлению карты предшествовала работа по выработке методики, изложению которой посвящена особая работа А. К. Болдырева и И. Ф. Григорьева 1926 г. В ней рассматривается ряд кардинальных вопросов картирования месторождений с целью выработки рациональных методов этого важнейшего этапа изучения месторождений

полезных ископаемых. Основная цель картирования, по мнению авторов, — «возможно полное, точное и наглядное изображение на карте, во-первых, географического положения месторождений и, во-вторых, их свойств или признаков, под которыми понимаются величина, форма залегания, характер вмещающих пород и т. п.».<sup>9</sup>

Среди главных свойств месторождений они выделяют морфологические, генетические и экономические, и каждому из них дают четкие формулировки.

Не ограничиваясь рассмотрением проблемы в чисто теоретическом отношении, ученые произвели перегруппировку всех выделенных свойств по желательности их изображения, выделяя среди них объективные, такие как географическое положение, элементы залегания, род полезного ископаемого, литологический состав рудоносных пород и некоторые другие (так называемые главные объективные свойства), минералогический состав, химический состав полезного ископаемого, дислокация месторождения и т. п. (второстепенные объективные свойства) и субъективные — величина рудного тела, глубина его залегания, генезис, возраст и т. д. Нанесение на карту различных свойств должно, по мнению авторов, удовлетворять трем требованиям — полноте, точности и наглядности.

Важное место в работе занимает обсуждение легенд. Для наглядности изображения главнейших свойств полиметаллических месторождений предлагается специальный флажный значок, в котором, по мысли авторов, могут быть отражены не только названные выше свойства, но и количественные характеристики (процентное содержание каждого металла в руде, относительное значение и ценность отдельных металлов, а также целый ряд так называемых пометальных показателей).

Вся работа проникнута глубоко продуманным математическим подходом к характеристике отдельных свойств месторождений, тем самым она как бы предвосхитила современную математическую геологию по крайней мере на 30—40 лет.

---

<sup>9</sup> Болдырев А. К., Григорьев И. Ф. Картирование месторождений полезных ископаемых (с картой полиметалльных месторождений Русского Алтая, составленной в 1922 году). — Зап. Горн. ин-та, 1926, т. VII, с. 99.

В 1927 г. была опубликована карта главнейших полиметаллических месторождений Русского Алтая, составленная на основе ранее разработанных принципов. В специальной монографии (1927 г.) дано обстоятельное пояснение к составленной карте: рассмотрены геологический и экономический характер алтайских полиметаллических месторождений, детально описаны нанесенные на карту фактические данные о месторождениях. На основании изучения литературных и архивных материалов сделаны важные выводы и обобщения о масштабах месторождений, пространственных закономерностях их распределения на территории Русского Алтая, предложена новая классификация алтайских месторождений, основанная на их пометальном составе. Как всегда, монография Болдырева насыщена огромным количеством фактических и цифровых данных (содержание металлов и других компонентов в рудах, величина запасов по отдельным месторождениям, стоимость руды, объем добычи и т. д.).

### **Классификация запасов полезного ископаемого в месторождении**

Одной из важнейших задач периода восстановления народного хозяйства нашей страны после окончания военной интервенции и гражданской войны (начало 20-х годов) была нормализация основы строившегося социалистического уклада — тяжелой индустрии, которая включает в себя и горную промышленность. В этом плане первейшая задача геологической службы страны состояла в полной инвентаризации запасов полезных ископаемых в недрах страны, в выявлении наличных и перспективных ресурсов наших недр.

А. К. Болдырев-кристаллограф, минералог, геолог и разведчик, естественно, не мог оказаться в стороне от решения этой важной народнохозяйственной задачи. Как сотрудник Геолкома Анатолий Капитонович активно включается в разработку сложного вопроса классификации запасов полезных ископаемых в месторождениях. С присущей ему методичностью и логичностью рассуждений Болдыреву и в этом вопросе удалось сказать свое веское слово.



По вопросу классификации запасов полезных ископаемых в месторождениях среди геологов не было единого мнения. Периодически в печати обсуждались многочисленные классификации иностранных специалистов. В СССР же наибольшее внимание разведчиков привлекали две классификации — Геологического комитета и инженера И. С. Васильева. В связи с этим назревала задача выработки рациональной классификации запасов по категориям и терминологии этих категорий.

В известной статье 1926 г., послужившей началом большой дискуссии, Анатолий Капитонович критически обсуждает все главные предложения различных авторов на этот счет и ясно показывает существующий разбой в принципах классификации. Наилучшей, однако, он считает классификацию И. С. Васильева, хотя и она не лишена определенных недостатков.

Вырабатывая новую рациональную классификацию, Болдырев принимает за основу схему И. С. Васильева, но стремится ее видоизменить с тем, «чтобы она удовлетворяла всем главным требованиям, какие надо ставить разделению запасов на категории».<sup>10</sup>

В конечном итоге Анатолий Капитонович предлагает выделять следующие категории запасов полезного ископаемого, основанные на степени разведанности месторождений: А — разведанные и подготовленные, В — разведанные, но неподготовленные, С<sub>1</sub> — неразведанные минимальные и С<sub>2</sub> — неразведанные максимальные.

Актуальность предложений Болдырева нашла отражение в развернувшейся в печати широкой дискуссии.

В связи с государственной важностью создания рациональной классификации запасов вопрос был передан на рассмотрение специальной комиссии Геологического комитета. Последний в 1927 г. призвал к широкому обсуждению двух к тому времени наметившихся классификаций запасов — Болдырева—Васильева и Н. И. Трушкова.

С критическими замечаниями по классификации Болдырева выступила редакция Горного журнала. Основными объектами дискуссии были существо и терминология более низких категорий запасов. В своих ответах на критические замечания Н. И. Берлинга Анатолий Капи-

---

<sup>10</sup> Болдырев А. К. Классификация запасов полезного ископаемого в месторождении. — Горн. журн., 1926, № 11, с. 727.

тонович обстоятельно излагает мотивы, которые привели его к такой классификации.

Несмотря на выявившиеся значительные расхождения во взглядах различных специалистов на существо и терминологию категорий запасов, редакция Горного журнала отметила желательность и полезность развернувшейся дискуссии.

Предложенная А. К. Болдыревым классификация в своей основе не потеряла актуальности и в настоящее время. Современность хотя и наложила на нее отпечаток, но категории А, В, С<sub>1</sub> и С<sub>2</sub> прочно вошли в практику разведочного дела, по сути сохранились и разработанные Болдыревым критерии.

### Теория подсчета запасов

Еще в 1914 г. Анатолий Капитонович Болдырев разработал и обосновал для практического пользования метод подсчета запасов полезного ископаемого в месторождении. В разведочном деле этот метод впоследствии получил наименование метода Болдырева, метода многоугольников, или метода ближайшего района. Под такими названиями он описывается или упоминается в большинстве курсов разведочного дела (В. И. Смирнов, 1950 г., В. М. Крейтер, 1940 г., 1961 г., А. А. Якжин, 1954 г., и др.).

Первоначально теорию метода А. К. Болдырев разработал применительно к подсчету запасов металла в расшурфованной россыпи (россыпи, разведанной с помощью шурфов). В известной статье 1914 г. после формулировки основных понятий, он так определяет задачу своего исследования: «В нескольких пунктах данного участка россыпи известны (например, благодаря шурфовке) мощность россыпи и объемное содержание ее. Требуется найти наиболее вероятную цифру запаса металла на всем данном участке».<sup>11</sup> Решая эту задачу с помощью геометрических построений, он обсуждает два варианта — при равномерном распределении шурфов по россыпи и в случае неравномерного их распределения. Для первого ва-

---

<sup>11</sup> Болдырев А. К. Теория подсчета запасов металла в расшурфованной россыпи. — Горн. журн., 1914, кн. 7—8, с. 1.

рианта решение оказывается довольно простым. Для решения второго варианта Болдырев применил теорию разбивания площади россыпи между шурфами на отдельные многоугольники, основанием для чего послужило им же сформулированное положение: «Каждый элемент площади должно отнести к ближайшему для него шурфу».<sup>12</sup> Затем, используя элементарные понятия теории вероятностей и простые геометрические рассуждения, А. К. Болдырев выводит ряд формул, приводящих к решению поставленной задачи.

Время и в этом вопросе, естественно, наложило свой отпечаток на методы подсчета запасов, и в частности на метод Болдырева, созданный более 60 лет тому назад. Разработанные к настоящему времени новые методы — «геологических блоков», «среднего арифметического», «эксплуатационных блоков», «разрезов», «изолиний» и другие — несколько потеснили метод Болдырева.

В свое время метод Болдырева имел достаточно широкое применение; он и сейчас в ряде случаев с успехом используется и дает вполне положительные результаты при относительной густоте сети разведочных выработок. При этом на точность подсчета не влияют значительные колебания мощности тела полезного ископаемого. По данным ВКЗ (Всесоюзной комиссии по подсчету запасов, утверждающей в государственном масштабе запасы полезных ископаемых в месторождениях СССР), в период 1947—1951 гг. метод Болдырева применялся в 15% случаев подсчета (например, за тот же период метод «разрезов» использовался в 45% случаев).

В период работы на Северо-Востоке СССР А. К. Болдыреву пришлось вновь возвратиться к проблеме подсчета запасов металла (золота) в россыпных месторождениях, разведываемых с помощью шурфов. Краткую характеристику сущности разработанного Болдыревым метода мы приводим в изложении видного советского геолога Г. А. Кечека, руководившего на протяжении многих лет геологоразведочными работами на Северо-Востоке СССР.

Г. А. Кечек пишет: «Основной трудностью при подсчете запасов россыпного золота является наличие в россыпях отдельных точек или участков с аномально высо-

---

<sup>12</sup> Там же, с. 3.

кими содержаниями золота, так называемыми пиковыми содержаниями, обусловленными наличием в этих точках или участках крупных самородков. Подсчет содержаний золота по всем без исключения шурфам с полным учетом самородков привел бы к грубому завышению запасов золота в целом по россыпи.

Указанное одностороннее влияние высоких содержаний золота в отдельных точках может быть исключено двумя путями.

1. Учетом самородков при подсчете содержаний по шурфам в определенном предельном их значении с последующим начислением на подсчитанные запасы золота некоторого добавления, обусловленного неучтенной частью самородков, — метод Н. К. Разумовского.

2. Полным учетом самородков при подсчете содержаний золота по шурфам со срезыванием пиков содержаний до известного предела; подобное срезание производится как в тех случаях, когда пиковое содержание обусловлено наличием самородков, так и без них лишь мелким золотом — метод А. К. Болдырева.<sup>13</sup>

Перед тем как приступить к разработке своего метода учета самородков, А. К. Болдыреву пришлось, во-первых, пересмотреть метод Разумовского и выявить в последнем ряд погрешностей и, во-вторых, ввести ряд специальных понятий, таких как «пиковый вертикальный запас», «пограничный вертикальный запас», «средний вертикальный запас» и др.

Оперируя с этими понятиями и используя геометростатистический подход к россыпи как к геометрическому телу, содержащему на большинстве участков более или менее одинаковые площадные содержания золота (так называемый вертикальный запас), а на некоторых и аномально высокие (пиковый вертикальный запас), Анатолий Капитонович разработал следующие правила подсчета запасов золота в россыпи (в целом) или на отдельных ее участках:

«а) при подсчете средних данных по шурфам все самородки учитываются в полном значении;

---

<sup>13</sup> Кечек Г. А. О методе А. К. Болдырева (записка, составленная по просьбе авторов монографии), 1975, с. 1, 2. — АФИ ЛГИ.

б) россыпь, по которой подсчитываются запасы, разбивается на сравнительно небольшое количество отдельных более или менее однородных участков;

в) по россыпи в целом или ее отдельному участку определяется суммарный вертикальный запас по всем шурфам, и делением его на число шурфов определяется средний вертикальный запас для всей россыпи в целом или соответственно ее отдельного участка;

г) утروением среднего вертикального запаса определяется значение пограничного вертикального запаса; все вертикальные запасы выше пограничного считаются пиковыми, ниже его — нормальными;

д) при подсчете запасов вертикальный запас по каждому пиковому шурфу срезается на величину, равную двум третям разности между пиковым и пограничным вертикальными запасами, а остаток принимается к подсчету наряду с нормальными вертикальными запасами». <sup>14</sup>

Пытаясь в качественном отношении оценить метод Болдырева и масштабы его применения на Северо-Востоке СССР, Г. А. Кечек указывает, что метод этот «во многих случаях вполне оправдал себя». <sup>15</sup> И далее он пишет: «Хотя метод учета самородков и пиковых шурфов в россыпях Северо-Востока СССР, разработанный А. К. Болдыревым, значительно проще метода Н. К. Разумовского, но широкого применения в практике подсчета запасов он не нашел в связи с тем, что нуждался в массовой проверке на опыте, что не могло быть сделано быстро. Многочисленные кадры геологов, разведывавших россыпи и подсчитывавшие запасы золота в них, привыкли пользоваться методом Разумовского (появившимся на свет значительно ранее метода Болдырева, — *И. Ш., В. А.*), и перестроить весь аппарат подсчета на новый метод сразу было трудно». <sup>16</sup>

## Гидрогеологические исследования

Во время пребывания Анатолия Капитоновича Болдырева в должности гидрогеолога Отдела земельных улучшений ему было поручено наряду с изучением гео-

<sup>14</sup> Там же, с. 4, 5.

<sup>15</sup> Там же, с. 5.

<sup>16</sup> Там же.

логического строения и обследование в гидрогеологическом отношении долины р. Чу в Туркестане. На одном из участков долины р. Чу надлежало изучить водопропускную способность горных пород. Работа эта была поставлена в связи с предполагавшимся созданием водохранилища и имела чисто гидрогеологические задачи — определение количества воды, которое просачивалось бы через окружающие горные породы в случае организации водохранилища, скорости этого просачивания и подземного дебита р. Чу.

Полевые исследования проводились летом 1914 г., когда Болдырев только что вернулся из Чардынской ссылки. Достоинство удивления, с каким профессиональным мастерством и продуманностью человек, впервые столкнувшийся с гидрогеологией, решал поставленные перед ним задачи. Этому, конечно, помогла его природная одаренность, последовательность и систематичность научного мышления. После основательного изучения геологического строения района им был разработан детальный план гидрогеологических исследований и проведены систематические опыты в шурфах по определению количества фильтрующейся воды. Особенно сложно оказалось определить скорость фильтрации. Для решения этого вопроса пришлось разработать специальный метод «кажущихся скоростей» и составить соответствующую инструкцию. Само определение скорости фильтрации потребовало довольно сложных математических рассуждений, с чем исследователь блестяще справился. Не менее сложным оказалось и определение подземного дебита р. Чу. Проведенные А. К. Болдыревым исследования, помимо большого практического значения, представляли и большой методический интерес, так как в то время практическая гидрогеология располагала весьма небольшим опытом определения фильтрации воды в горных породах *in situ*; в процессе исследования Болдыревым был разработан способ определения верхнего предела коэффициента проводимости, определяющего гидрогеологические качества пород.

Монография, где излагаются гидрогеологические исследования в долине р. Чу, по распоряжению Геологического комитета была опубликована, что бесспорно свидетельствует о важности проведенной А. К. Болдыревым работы.

В список научных трудов и рукописных работ включены с предельно доступной полнотой все сочинения Анатолия Капитоновича Болдырева, опубликованные или в виде отдельных книг и монографий, или в виде статей в отечественных и зарубежных периодических изданиях, или, наконец, хранящиеся в виде рукописей. К сожалению, список рукописных работ нельзя считать точным и окончательным. Составление полной библиографии трудов А. К. Болдырева требует специального исследования.

Списку трудов А. К. Болдырева необходимо предпослать небольшое введение.

В настоящее время известна 101 печатная работа Анатолия Капитоновича. В рукописном виде учтено около 20 наименований.

Научные труды А. К. Болдырева касаются весьма широкого круга вопросов. Но так как научные интересы ученого в различных областях часто очень тесно переплетаются друг с другом, весьма сложно дифференцировать его научное творчество по отдельным направлениям. С учетом работ, в которых одновременно рассматриваются принципиальные вопросы различных дисциплин, «количественно» научные интересы А. К. Болдырева могут быть охарактеризованы по отдельным отраслям знаний следующим образом.

Кристаллографии (и геометрии) посвящено приблизительно 40 работ, т. е. около 40% от их общего числа, минералогии — около 30%, геологии рудных месторождений — приблизительно 10%, теории поисков, разведки и подсчета запасов — приблизительно 10%, петрографии — единичные труды, общей геологии — единичные труды, химии — единичные труды, гидрогеологии — единичные работы; другим различным вопросам посвящено несколько трудов.

### Печатные работы<sup>1</sup>

1. Кристаллы динитробромбензола  $C_6H_3Br(NO_2)_2$  (1.2.4) и изоморфной 50% смеси  $C_6H_3Br(NO_2)_2$  и  $C_6H_3Cl(NO_2)_2$  (1.2.4). — Зап. Горн. ин-та, 1907, т. I, вып. 1.

---

<sup>1</sup> В настоящем списке печатные работы, датированные до 1936 г., распределены самим А. К. Болдыревым в порядке их написания.

2. Основы геометрического учения о симметрии. — Зап. СПб., минерал. об-ва, 1907, ч. 45, вып. 1.
3. Диаграммы, связывающие величины двупреломления главных сечений и величину угла оптических осей. — Зап. Минерал. об-ва, 1912, ч. 48, вып. 1.
4. Петрография Восточного Мурмана (Лапландия). — Зап. АН, 1913, т. XXXI, 8.
- 4а. Петрография Восточного Мурмана. Краткая аннотация работы 4. Изд. АН, 1909, VI серия, № 4.
5. Одно из свойств, касающихся окружностей. — Зап. Горн. ин-та, 1913, т. IV, вып. 4.
6. Измерение угла наклона буровой скважины № 14 в Медно-рудянском руднике на Урале (совместно с Л. И. Волковым). — Горн. журн., 1913, кн. 6.
7. Теория подсчета запасов металла в расшурфованной россыпи. — Горн. журн., 1914, кн. 7—8.
8. Мензуальная гипсометрическая съемка россыпей (совместно с А. А. Анисковичем). — Горн. журн., 1914, т. IV, кн. 10.
9. Определение точки кипения посредством дистилляции из пробирки. Трифениламин, его точка кипения и растворимость. — ЖРФХО, 1916, т. XLVIII, вып. 8—9.
10. Опыты над фильтрацией в горных породах *in situ* в связи с проектом водохранилища на р. Чу в Туркестане. — Матер. по общ. и прикл. геол. Геолком, 1926, вып. 27.
11. Памяти Е. С. Федорова. — Зап. Горн. ин-та, 1926, т. VII, вып. 3.
12. Хлористый ацетил, хлористый сульфурил и монохлоруксусная кислота. Процесс их получения в больших количествах лабораторным путем. — Зап. Горн. ин-та, 1929, т. VII.
13. Е. С. Федоров (некролог). — Геол. вестн., 1921, т. IV.
14. Схема научных работ Е. С. Федорова. Существенные черты его работ по геометрии и геометрической кристаллографии. — Изв. Геогр. ин-та, 1921, вып. 2.
15. Плотность расположения атомов в гранях кристаллов нашатыря ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ) и хлората натрия ( $\text{NaClO}_3$ ). — Изв. Росс. АН, 1921, VI серия, т. XV, № 1—18.
16. Картирование месторождений полезных ископаемых (с картой полиметалльных месторождений Русского Алтая, составленной в 1922 г.) (совместно с И. Ф. Григорьевым). — Зап. Горн. ин-та, 1926, т. VII.
17. Карта главнейших полиметаллических месторождений Русского Алтая (совместно с И. Ф. Григорьевым). — Матер. по общ. и прикл. геол., 1927, вып. 67.
18. Комментарии к работе Е. С. Федорова «Das Kristallreich». Изд. АН, 1926.
19. The Designation of Polymetallic Ore Deposits With Flag-Marks. — Eng. and Min. Journ. Press, 1923, v. 115, No. 9.
20. Существуют ли зеркально-поворотные оси симметрии (оси сложной симметрии) нечетного наименования? — Зап. ВМО, 1923, т. 51.
21. Косые зеркально-поворотные оси симметрии. — Зап. ВМО, 1923, т. 51.
22. Угловой циркуль, стереографический транспортёр и простейшая стереографическая сетка. — Зап. ВМО, 1923, ч. 51.



23. Самородное железо как причина магнитной аномалии. — Горн. журн., 1923, № 8—9.
24. Die chemischen Formeln des Nagyagits. — Centralbl. Mineral. Jahrg., 1924, No 7.
25. Versuch einer Klassifikation und einförmiger Nomenklatur der Grundprozesse der Mineralogie. — Centralbl. Mineral. Jahrg., 1924, No. 24.
26. Критические замечания о статье А. Н. Заварицкого «Об оптическом исследовании минералов в сходящемся поляризованном свете». — Зап. ВМО, 1924, ч. 52.
27. Переход от рентгенограмм кристаллов к циклическим диаграммам W. L. Bragg'a — Зап. ВМО, 1924, ч. 52.
28. Принципы нового метода кристаллографического диагноза вещества. — Зап. ВМО, 1924, ч. 53, вып. 2.
29. Кристаллографическое исследование чевкинита. — Изв. АН, 1924, т. 18.
30. Химические элементы, минералы и полезные ископаемые. — В кн.: Горное дело. Сборник конспектов лекций по вопросам горнодобывающей промышленности. Пособие для лекторов, т. I. 1924.
31. Die von Fedorow-Institut angenommene kristallographische Nomenklatur. — Z. Krist., 1926, Bd 62, Hft 1/2.
32. Etude cristallographique de la tscheffkinita de l'Oural. — Bull. Soc. franç. Mineral., 1925, v. XLVIII.
33. Основы кристаллографии. Курс лекций, читанных в Ленинградском горном институте в 1924—1925 гг. Л., Изд-во КУБУЧ, 1926 (литогр.).
34. Курс описательной минералогии. Вып. I. Л., Научно-химико-техн. изд-во НТО ВСНХ, 1926.
35. Курс описательной минералогии, вып. II. Изд-во КУБУЧ, 1928.
36. Организация геолого-разведочного дела в горных предприятиях. — Горн. журн., 1925, № 10.
37. Классификация запасов полезного ископаемого в месторождении. — Горн. журн., 1926, № 11.
38. Федоровский институт кристаллографии, минералогии, петрографии и рудных месторождений при Ленинградском горном институте. — В кн.: Юбилейный сборник, 1773—1923. Л., Изд. Юбил. ком. ЛГИ и Ком. кассы взаимопом. студентов ЛГИ, 1926.
39. Подсчет запасов Лебяжинского месторождения магнетита на Урале. — Горн. журн., 1927, № 1.
40. Дополнения к статье «О классификации запасов полезного ископаемого в месторождении». — Горн. журн., 1927, № 2.
41. Геологический очерк окрестностей Нижнего Тагила. — Матер. по изуч. Тагильск. окр., 1927, вып. 1.
42. Knieröhre zur Justirung von Aufnahmavorrichtungen vor Röntgenstrahl. — Z. Krist., 1927, Bd 65.
43. Замечания к статье Н. И. Берлинга «К вопросу классификации запасов полезных ископаемых». — Поверхность и недра, 1927, т. V, № 7—8.
44. О составлении кристаллографического определителя вещества. — В кн.: Сообщ. о научно-техн. работах в России, 1928, вып. 23.

45. Объем геохимии как отдельной науки. — В кн.: Сообщ. о научно-техн. работах в России. 1928, вып. 23.
46. Всесоюзный съезд минералогов. — Зап. ВМО, 1928, ч. 57, вып. 1 (резюме на франц. яз.).
47. Обзор работ по кристаллографии в СССР за десятилетие, с 1917 по 1927 г. — Зап. ВМО, 1928, ч. 57, вып. 2.
48. Краткий обзор деятельности Федоровского института за 1927—1928 гг. — Геол. вестн., 1928, т. VI, № 4—6.
49. Письмо в Редакцию. — Вестн. Геолкома, 1929, № 4.
50. Свод запасов железных руд Урала. — Горн. журн., 1929, № 5.
51. Разведка руд вольфрама, олова, висмута и бериллия в Забайкалье (совместно с Я. И. Луи). — Горн. журн., 1929, № 8—9.
52. Россыпи вольфрамовых, оловянных и висмутовых руд на Шерловой горе. — Изв. Геол. ком., 1929, т. 48, № 8.
53. Разделение русских вольфрамов железа и марганца на минералогические виды и связь состава природных вольфрамов с их чертой (совместно с Э. Я. Ляски). — Зап. ВМО, 1929, ч. 58, вып. 2.
54. Эволюция учения о кристаллическом состоянии вещества. — Зап. ВМО, 1929, ч. 58, вып. 2.
55. Über die Konzentrationströmungen und über die Ursache des Schichtens der Lösungen. — Z. Krist., 1930, Bd 74.
56. Кристаллография. Л., Изд-во КУБУЧ, 1930.
57. Редкоземельные апатиты Лебяжинского рудника и горы Высокой на Урале. — Матер. по общ. и прикл. геол., 1930, вып. 142.
58. Über die Sublimation von Platin vom Draht des elektrischen Ofens bei thermischen Untersuchung. — Centralbl. Mineral., 1930, Abt. A.
59. Строение кристаллического вещества. — В кн.: Менделеев Д. И. Основы химии, 1931, т. I.
60. Рабочая книга по минералогии, составленная коллективом авторов, кн. 1 и 2 (частичное авторство и общая редакция). М.—Л., Новосибирск, Гос. научно-техн. геол.-разв. изд-во, 1932.
61. Некоторые приемы работы с рефрактором Аббэ и степень точности этого прибора. — Изв. Всесоюз. геолог.-развед. объедин., 1933.
62. О необходимости систематического изучения кристаллов (тез. докл.). — В кн.: Первая Всесоюз. конф. по физико-хим. анализу. Ленинград, 24—29 октября 1933 г. Программа занятий и тезисы к докладам. Л., Госхимтехиздат, 1933.
63. Работа Федоровского института по составлению определителя кристаллов (совместно с В. В. Доливо-Добровольским). — В кн.: Первая Всесоюз. конф. по физико-хим. анализу. Ленинград, 24—29 октября 1933 г. Программа занятий и тезисы к докладам. Л., Госхимтехиздат, 1933.
64. Cristallografia (испанский перевод «Кристаллографии» 1930 г.). Barcelona—Madrid, 1934, с. XV+432.
65. Кристаллография. 3-е изд., испр. и доп. Л.—М.—Грозный—Новосибирск, Гос. научно-техн. горно-геолого-нефть. изд-во, 1934, 431 с.
66. Тигереекое месторождение. — Тр. IV Всесоюз. геол. конф. по цветн. мет., 1932, вып. V.

- 67—68. Поездка на медные рудники Калатинского комбината в сентябре 1925 г. — Вестн. Геол. ком., 1925, № 1 (прил. к т. XLIV Изв. Геол. ком.).
69. Классификация, номенклатура и символика 32 видов симметрии кристаллов (совместно с В. В. Доливо-Добровольским). — Зап. Горн. инст., 1934, т. VIII.
70. Курс описательной минералогии, вып. III. Л.—М., ОНТИ НКТП СССР, 1935.
71. Рентгенографическое исследование искусственных флогопитов (совместно с Е. Ф. Алексеевой). — Зап. ВМО, 1935, ч. 64, вып. 1.
72. Röntgenographische Untersuchung der künstlichen Phlogopite совместно с Е. Ф. Алексеевой). — Neues Jahrb. Mineral., A, Beil. B., 1935, Bd. 70.
73. Заметка о статье Н. Н. Падурова «Tabellen zur Dickenbestimmung von Netzen». — Зап. ВМО, 1935, ч. 64, вып. 1.
74. Ueber die Bestimmungstabellen für Kristalle (совместно с В. В. Доливо-Добровольским). — Z. Krist., 1936, Bd 93.
75. Ueber die Bezeichnung polymorpher Modifikationen. — Min. Petrogr. Mitt., 1936, Bd 47.
76. Ответ на рецензию Н. М. Федоровского о моем курсе «Описательной минералогии». — Горн. журн., 1936, № 8—9.
77. «Из чего состоят Крымские горы» и «Возраст Крымских гор». — Всесоюзная здравница, 1936, 15 октября, № 61; 17 октября, № 63.
78. Предисловие (совместно с В. В. Черныхом). — В кн.: Курс минералогии. Под ред. А. К. Болдырева, Н. К. Разумовского и В. В. Черныха. ОНТИ, 1936.
79. Введение к силикатам. — В кн.: Курс минералогии (под ред. А. К. Болдырева, Н. К. Разумовского и В. В. Черныха). ОНТИ, 1936.
80. Атомные и ионные радиусы в кристаллах. — Тр. Юбилейн. менделеевск. съезда. М.—Л., Изд-во АН СССР, 1936.
81. Are there 47 or 48 simple forms possible on cristals? — Amer. Mineral., 1936, v. 21, No. 11.
82. Работы А. П. Карпинского в области минералогии и учения о месторождениях полезных ископаемых. — Зап. ВМО, 1937, ч. 66, вып. 1.
83. Основные понятия в геохимическом учении о концентрации, аккумуляции и рассеянии. — В кн.: Сборник в честь акад. В. И. Вернадского. М., Изд-во АН СССР, 1936.
84. Евграф Степанович Федоров (1853—1919). — За индустриализацию, 1937, 4 августа, № 176 (4759).
85. Химическая конституция и кристаллическая структура слюд. — В кн.: Слюды СССР. Л., ЦНИГРИ, 1937.
86. Рентгенометрическое исследование пунгита, антрацита и каменного угля (совместно с Г. А. Ковалевым). — Зап. ЛГИ, 1937, т. X, вып. 2.
87. Определитель кристаллов. Т. I, 1-я половина (коллектив авторов). Л.—М., ОНТИ, Гл. ред. геол.-разв. и геодез. лит., 1937.
88. Определитель кристаллов. Т. I, 2-я половина (коллектив авторов). Л.—М., Ред. горно-топл. и геол.-развед. лит., 1939.
89. Рентгенометрический определитель минералов. Ч. 1 (коллектив авторов). — Зап. ЛГИ, 1938, т. XI, вып. 2.

90. Химическая валентность и расширенное понятие об изоморфизме. Применение к формулам слюд. — Матер. ЦНИГРИ. 1938, Общ. сер., сб. 3.
91. Рентгенометрический определитель минералов. Ч. 2 (коллектив авторов). — Зап. ЛГИ, 1939, т. XIII, вып. 1.
92. Кристаллы касситерита из Атышских россыпей на Урале (совместно с В. И. Михеевым). — Зап. ЛГИ, 1941, т. XIII, вып. 3.
93. Материалы к минералогии месторождения Хета (совместно с Б. Н. Владимировым). — Бюлл. журн. «Колыма», 1942.
94. Очерки высшей минералогии. Очерк I. Понятие о высшей минералогии и ее содержание. Очерк II. История минералогии. — Бюлл. журн. «Колыма», 1944, № 1.
95. Материалы к минералогии месторождения Лазо. — Бюлл. журн. «Колыма», 1944.
96. Мировые месторождения золота. — Матер. по геол. и полезн. ископ. Северо-Востока СССР, 1946, вып. 2.
97. О природе «налетов» на наледях Колымо-Индиго-Гирского края (совместно с А. П. Васильевым и Т. А. Ефимовой). — Матер. по геол. и полезн. ископ. Северо-Востока СССР, 1946, вып. 2.
98. Проверки гониометра Гольдшмидта. — Зап. ВМО, 1949, ч. 78, вып. 1.
99. Таблицы межплоскостных расстояний для железного, медного и молибденового антикатонов (коллектив авторов). Гос. научно-техн. изд-во лит. по черн. и цветн. металлург., 1950.
100. Кристаллографические таблицы для нахождения по десятичным дробям отношений двух целых чисел (коллектив авторов). — В кн.: Кристаллография, вып. 4. Л., Изд-во ЛГУ, 1955.

## Рукописи

1. Воспоминания о ссылке в Чардынский край. Без титульного листа (предполагаемые даты с 4 мая по 6 ноября 1911 г.).
2. Новая камера Дебая со стандартным веществом (совместно с В. И. Михеевым и В. П. Будаевым).
3. Тигереевское месторождение. 1935—1936?
4. О рациональных методах ручной снегочистки. 1939.
5. Усть-Тасканское месторождение стибнита. 1940.
6. О содержании меди, цинка и вольфрама в рудах месторождения Лазо. Минералогический состав руд Лазо. 1941.
7. Руды и вмещающие их горные породы Хетинского свинцово-цинково-медно-оловянного месторождения и схема его геологического строения (совместно с Б. Н. Владимировым). 1941.
8. Подсчет запасов при наличии пиковых содержаний и самородков. 1943.
9. Исправление некоторых неправильностей в применении метода Н. К. Разумовского. 1943.
10. Каталог минералов Северо-Востока СССР (коллектив авторов). 1943.
11. Стекланная шерсть как термо-звуко-изоляционный и кислотоупорный материал (возможности ее применения и изготовления в хозяйстве Дальстроя). 1943—1944.
12. Материалы по минералогии, петрографии и геохимии Северо-Востока СССР. Ч. II. Списки и систематизация горных пород Северо-Востока СССР. 1945.

13. Мировые месторождения золота и связь их распределения с тектоникой земной коры. 1944.
14. Пятиступенчатая шкала для приближенной оценки вещей, свойств и явлений и пятичленная классификация ученых по их значению. 1945.
15. Описание и фотоальбом золотых самородков, найденных в месторождениях Северо-Востока СССР. 1945.
16. Рисовальные насадки, аппараты. Разметчики для объекта. Демонстрационные окуляры. Сравнительный окуляр. Принадлежности для микроскопа фирмы «Эрнст Лейтц». 1946.
17. Основные вехи продвижения русских в Северную Азию и Аляску (с картой). 1946.

1. Федоров Е. С. Извлечение из отзыва о труде А. К. Болдырева «Основы геометрического учения о симметрии». — Зап. СПб. минер. об-ва, ч. 45, 1907, с. 417—424.
2. Болдырев Анатолий Капитонович. — БСЭ, 1927, т. 6, с. 779.
3. Берлинг Н. И. К вопросу о классификации запасов полезного ископаемого. — Поверхность и недра, 1927, т. 5, № 5—6 (33—23), с. 3—6.
4. Пальчинский П. А. К вопросу о классификации запасов полезного ископаемого и о практических целях и методах таковой. — Поверхность и недра, 1927, т. 5, № 7—8, с. 13—19.
5. Вернадский В. И. Задачи минералогии в нашей стране (1917—1927). — Природа, 1928, № 1, с. 24—39.
6. Грицаенко Г. Очерки высшей минералогии (Бюлл. журн. «Колыма», № 1). Рецензия. — Зап. ВМО, 1945, ч. 74, вып. 2, с. 165, 166.
7. Смирнов С. С., Шафрановский И. И., Михеев В. И., Николаев В. А., Григорьев Д. П. — Анатолий Капитонович Болдырев (Memorial of A. K. Boldyrev). — Зап. ВМО, 1946, ч. 75, вып. 3, с. 241—247.
8. Заварицкий А. Н. — Анатолий Капитонович Болдырев. — Изв. АН СССР, 1947. Сер. геол., № 2, с. 117—122.
9. Григорьев Д. П. Минералогия в Горном институте за 175 лет. — Зап. ВМО, 1948, ч. 77, вып. 3, с. 181, 182.
10. Ленинградский горный институт за 30 лет Советской власти. 1917—1947. Л., изд. ЛГИ, 1948, с. 29, 30.
11. Шафрановский И. И., Михеев В. И. Глава и руководитель федоровской школы кристаллографов и минералогов Горного института — профессор Анатолий Капитонович Болдырев. — В кн.: Выдающиеся ученые Горного института, 1948, вып. 1, с. 77—88.
12. Porté I. V. Anatolii Kapitonovich Boldyrev, 1883—1946. — Amer. Mineral., 1948, v. 33, p. 516.
13. Григорьев Д. П., Шафрановский И. И. Выдающиеся русские минералоги. М.—Л., Изд-во АН СССР, 1949, с. 47—50.
14. Gagarin G., Cuomo J. R. Algunas proposiciones sobre nomenclatura mineralogica. — Comun. Inst. Nation. Invest. Cienc.

Natural. Mus. Argentino. Cienc. Natur. Cienc. Geol. 1949, v. 1, N 5, p. 8.

- (О минерале, названном в честь А. К. Болдырева. Болдыревит  $\text{CaNaMg}[\text{AlF}_6(\text{F}, \text{H}_2\text{O})]_3$ , опт. изотр., бесцв.).  
Набоко С. И. О новом фтористом минерале, встречающемся в сублиматах Ключевского вулкана. — ДАН СССР, 1941, т. XXXIII, № 2, с. 139—142.
15. Анатолий Капитонович Болдырев. — БСЭ. 2-е изд., 1950, т. 5, с. 457.
  16. Бетехтин А. Г. Минералогия. М., Гос. изд-во геол. лит., 1950, с. 22.
  17. Kurylenko C. Le professeur A. K. Boldyrev (Cristallographe, mineralogiste et geologue). — Bull. Soc. franç. Miner., Crist., 1950, v. 73, No. 11—12, p. 489—502.
  18. Бетехтин А. Г. Курс минералогии. М., Гос. изд-во геол. лит., 1951, с. 19; 2-е изд. М., Гос. научно-техн. изд-во, 1956, с. 20.
  19. Лазаренко Е. К. Курс минералогии. Киев, 1951, с. 25, 26.
  20. Григорьев Д. П. Развитие представлений об объектах минералогии и понятие о минералах по А. К. Болдыреву. — Зап. ВМО, 1956, ч. 85, вып. 4, с. 463—471.
  21. Михеев В. И., Шафрановский И. И. Памяти А. К. Болдырева. — Минерал. сб. Львовск. геол. об-ва, 1956, № 10, с. 374—380.
  22. Михеев В. И., Шафрановский И. И., Шубников А. В. Памяти А. К. Болдырева. — Кристаллография, 1956, т. I, вып. 3, с. 267—270.
  23. Шафрановский И. И., Михеев В. И., Григорьев Д. П., Стулов Н. Н. Анатолий Капитонович Болдырев, его жизнь и научное творчество. — Зап. ВМО, 1956, ч. 85, вып. 1, с. 83—95.
  24. Соловьев С. П. Работы А. К. Болдырева в области петрографии и учения о полезных ископаемых (к 10-летию со дня смерти А. К. Болдырева). — Зап. ВМО, 1956, ч. 85, вып. 3, с. 386—292.
  25. Биографический словарь деятелей естествознания и техники. М., Гос. научное изд-во, БСЭ, 1958, т. I, с. 90.
  26. Kurylenko C. Le professeur A. K. Boldyrev (Cristallographe, mineralogiste et geologue. Complement à la notice parue dans notre Bull., 1950, v. 73, p. 489—502). — Bull. Soc. franç. Min. Crist., 1958, v. LXXXI, No. 1—3, p. 78.
  27. Белов Н. В. О теореме Фриделя. Памяти А. К. Болдырева. (К 15-летию со дня его кончины). — Зап. ВМО, 1961, ч. 90, вып. 3, с. 257—259.
  28. Смирнов В. И. К истории классификации запасов минерального сырья. — В кн.: Очерки по истории геологических знаний, вып. 9. М., Изд-во АН СССР, 1961, с. 152—154.
  29. Колтовской Г. Сердце остается верным. — Магаданская правда, 1963, 12 ноября, № 265.
  30. Алявдин В. Ф. Последние годы научного творчества А. К. Болдырева. — Зап. ВМО, 1964, ч. 93, вып. 2, с. 173—178.
  31. Григорьев Д. П. Минералогическая школа А. К. Болдырева. — Зап. ВМО, 1964, ч. 93, вып. 2, с. 163—167.
  32. Шафрановский И. И. Роль А. К. Болдырева в развитии кристаллографии. — Зап. ВМО, 1964, ч. 93, вып. 2, с. 168—182.

33. Болдырев Анатолий Капитонович. — БСЭ, изд. 3-е, 1970, т. 3, с. 507.
34. Лазаренко Е. К. Курс минералогии. М., «Высшая школа», 1971, с. 12.
35. Ленинградский горный институт за годы Советской власти. Л., Изд-во ЛГУ, 1971, с. 40, 41.
36. Григорьев Д. П. К 200-летию минерального собрания Горного музея. — Зап. ВМО, 1973, ч. 102, вып. 5, с. 548—562.
37. Ленинградский ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени горный институт имени Г. В. Плеханова. 1773—1973. М., «Высшая школа», 1973, с. 134—136.
38. Руденко С. А. К истории минералогии в С.-Петербургском—Ленинградском горном институте. — Зап. ВМО, 1973, ч. 102, вып. 5, с. 529—534.
39. Шафрановский И. И. Развитие кристаллографии в Ленинградском горном институте. — Зап. ВМО, 1973, ч. 102, вып. 5, с. 520—528.
40. Каменецкий И. Выдающийся геолог. — Призыв [орган Борисовского райкома КПСС и Районного Совета депутатов трудящихся Белгородской области], 1974, 10 сентября, № 109 (5769).
41. Каменецкий И. В памяти народной. — Белгородская правда, 1974, 17 сентября, № 218 (13511).
42. Коржинский Д. С. Воспоминания о Ленинградском горном институте. — В кн.: Очерки по истории геологических знаний. Вып. 17. Геологи Ленинградского горного института. М., «Наука», 1974, с. 190.
43. Белов Н. В. Минералогия и периодический закон. Памяти А. К. Болдырева (1883—1974) и его «Высшей минералогии». — Зап. ВМО, 1975, ч. 104, вып. 1, с. 3—17.



## Основные даты жизни и научного творчества

---

- 14/26 октября 1883 г. Дата рождения, г. Грайворон б. Курской губернии.
- 1898 г. Начало самостоятельной жизни — первый заработок.
- 1901 г. Окончание Харьковского реального училища и отъезд в Петербург. Поступление в Петербургский горный институт.
- 1903 г. Начало специализации в области кристаллографии, минералогии и петрографии под руководством профессоров Е. С. Федорова и В. В. Никитина.
- 1907 г. Публикация первой научной работы по кристаллографии.
- 1907 г. Выход в свет работы «Основы геометрического учения о симметрии», удостоенной похвального отзыва Е. С. Федорова и премии им. П. В. Еремеева.
- 1910 г. Исключение из Горного института за политическую деятельность. Арест.
- 1911—1914 гг. Ссылка в Чардынский район Пермской губернии и работа в качестве геолога в Нижне-Тагильском горном округе.
- 1914 г. Возвращение в Петербург. Работа в Отделе земельных улучшений в качестве гидрогеолога.
- 1914—1918 гг. Первая мировая война. Мобилизация. Служба химиком на Усть-Ижорском заводе дымовых завес.
- 1918 г. Возобновление учебы в Петроградском горном институте.
- 1918—1938 гг. Работа в Геологическом комитете, переименованном в 1931 г. в Центральный научно-исследовательский геологоразведочный институт (ЦНИГРИ).
- Декабрь 1918 г. Назначение на должность и. о. ассистента минералогии Горного института.
- 1919 г. Избрание Советом Горного института на должность преподавателя кристаллографии.
- Декабрь 1919 г. Окончание Горного института.
- 1920 г. Избрание Советом Горного института на должность и. о. профессора по кафедре кристаллографии.
- Июнь 1921 г. Публичная защита научных трудов и назначение профессором кристаллографии.
- 1922 г. Избрание на должность профессора минералогии Петроградского горного института с оставлением в должности профессора кристаллографии.

- 1924 г. Назначение и. о. декана геологоразведочного факультета Ленинградского горного института.
- 1925—1929 гг. Председатель Государственной квалификационной комиссии при геологоразведочном факультете Ленинградского горного института.
- Май—осень 1926 г. Командировка в Испанию на XIV Международный геологический конгресс и в Германию для научной работы.
- 1937 г. Выход в свет I тома «Определителя кристаллов».
- 1938 г. Выход в свет 1 части «Рентгенометрического определителя минералов».
- Осень 1940—март 1946 г. Работа в Геологоразведочном управлении Дальстроя.
- 1945 г. Награждение Президиумом Верховного Совета СССР орденом «Знак почета».
- 25 марта 1946 г. Трагическая гибель.

## Оглавление

---

<b>Предисловие</b> . . . . .	<b>5</b>
<b>Глава I</b>	
<b>Годы учения. Начало научной деятельности (1901—1920 гг.)</b>	<b>7</b>
<b>Глава II</b>	
<b>Профессор Горного института и старший геолог Геологического комитета — ЦНИГРИ (1920—1938 гг.)</b> . . . . .	<b>25</b>
<b>Глава III</b>	
<b>Последние годы жизни и научного творчества (1939—1946 гг.)</b>	<b>47</b>
<b>Глава IV</b>	
<b>Анатолий Капитонович Болдырев в жизни (по воспоминаниям)</b> . . . . .	<b>57</b>
<b>Глава V</b>	
<b>Основы геометрического учения о симметрии</b> . . . . .	<b>86</b>
<b>Глава VI</b>	
<b>Метод кристаллографического диагноза и «Определитель кристаллов»</b> . . . . .	<b>104</b>
<b>Глава VII</b>	
<b>Рентгенометрический определитель минералов</b> . . . . .	<b>138</b>
<b>Глава VIII</b>	
<b>Курсы кристаллографии и научные работы по кристаллографической систематике, номенклатуре и методике</b> . . .	<b>151</b>
<b>Глава IX</b>	
<b>Работы по минералогии и их выдающееся значение в советской науке</b> . . . . .	<b>173</b>

## Глава X

Работы в области общей и практической геологии и геологоразведочного дела . . . . .	223
Научные труды А. К. Болдырева . . . . .	243
Литература о А. К. Болдыреве . . . . .	250
Основные даты жизни и научного творчества . . . . .	253

Иларион Иларионович Шафрановский  
Владимир Федорович Алявдин

Анатолий Капитонович Болдырев  
1883—1946

*Утверждено к печати*

*Редколлегией серии «Научно-биографическая литература»*

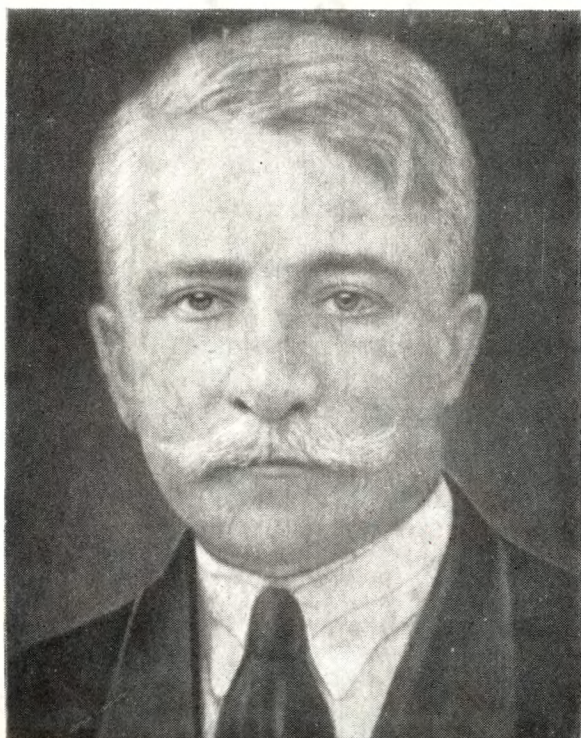
Редактор издательства *Е. А. Семенова*  
Художник *М. И. Разулевич*. Технический редактор *Г. А. Бессонова*  
Корректоры *Л. Я. Комм* и *Г. А. Мошкина*

ИБ № 8190

Сдано в набор 31.10.77. Подписано к печати 3.05.78. М-31825. Формат 84×108<sup>1</sup>/<sub>32</sub>. Бумага типографская № 2. Гарнитура обыкновенная. Печать высокая. Печ. л. 8. Усл. печ. л. 13.44. Уч.-изд. л. 13.83. Тираж 10 000. Изд. № 6571. Тип. зак. 869. Цена 90 коп.

Ленинградское отделение издательства «Наука»  
199164, Ленинград, В-164, Менделеевская линия, д. 1

1-я тип. издательства «Наука». 199034, Ленинград, В-34, 9 линия, д. 12



**Анатолий  
Капитонович  
БОЛДЫРЕВ**

90 к.



**«НАУКА»**  
**ЛЕНИНГРАДСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ**