*Записки Ленинградского орденов Ленина и Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова, т. XL, 1959 г.*

# КРИСТАЛЛОГРАФИЯ И МИНЕРАЛОГИЯ В ЛЕНИНГРАДСКОМ ГОРНОМ ИНСТИТУТЕ

*Н. Н. Стулов, И. И. Шафрановский*

Петербургский (ныне Ленинградский) горный институт еще до Великой Октябрьской социалистической революции был одним из центров кристаллографии и минералогии, широко известным не только в нашей стране, но и во всем мире. В прошлом столетии всеобщее признание получили труды двух основоположников описательной кристаллографо-минералогической школы в России — известных профессоров Института — академика Н. И. Кокшарова (1818—1892 гг.) и академика П. В. Еремеева (1826—1899 гг.). С 1905 г. кафедры кристаллографии и петрографии возглавил выдающийся питомец Института Е. С. Федоров (1853—1919 гг.), минералогию вел его ученик и помощник В. В. Никитин (1867—1942 гг.) — автор известной монографии «Универсальный метод Федорова». Разрабатывавшиеся в Институте новые кристаллографические, минералогические и петрографические методы, основанные на замечательных федоровских открытиях и достижениях, привлекали сюда многочисленных учеников, не только со всех концов нашей Родины, но и из-за границы. Т. Баркер из Оксфорда, Л. Дюпарк из Женевы, Джимбо из Японии и ряд других крупных зарубежных специалистов несколько лет обучались в России кристаллохимическому анализу и универсальному методу у самого их создателя — Е. С. Федорова.

Е. С. Федоров в это время занимался преимущественно разработкой кристаллохимического анализа, позволяющего по внешней форме кристаллов определять их вещество, а попутно и схему внутреннего строения. В то же время он развивал основы новой геометрии применительно к практическим задачам кристаллографии, минералогии, петрографии и горного дела. Открытие М. Лауе в 1912 г. дифракции рентгеновских лучей в кристаллах и связанные с этим открытием первые расшифровки кристаллических структур были одновременно и триумфом Е. С. Федорова. Они подтвердили наличие 230 геометрических законов распределения атомов в структурах, выведенных Е. С. Федоровым за 22 года до этого (в 1890 г.). В связи с этим Е. С. Федоров посвятил ряд статей теоретическому разбору реальных структур. В то же время В. В. Никитин вел огромную работу по развитию методики универсального метода в кристаллооптике. Именно в эти годы публикуются обширные выпуски его знаменитой монографии, посвященной федоровскому методу (1915 г.).

Деятельность Е. С. Федорова в Горном институте продолжалась и после Великой Октябрьской социалистической революции, вплоть до самой смерти великого ученого. В 1920 г. увидели свет его монументальные таблицы по кристаллохимическому анализу «Царство кристаллов».

После Е. С. Федорова кристаллографию и минералогию в Горном институте возглавил его талантливый ученик А. К. Болдырев (1883—1946 гг.), состоявший профессором Института с 1919 по 1938 г. В течение этого времени А. К. Болдырев являлся общепризнанной главой кристаллографо-минералогической федоровской школы. По его инициативе был организован Федоровский институт кристаллографии, минералогии, петрографии и учения о полезных ископаемых, основной целью которого было изучение и дальнейшее развитие богатейшего научного наследства Е. С. Федорова. Деятельность этого Института нашла, в частности, отражение в широко известных федоровских научных сессиях, ежегодно открывающихся 21 мая (в день смерти Е. С. Федорова) в стенах Ленинградского горного института и прочно вошедших в традицию научной жизни Ленинграда.

Под руководством А. К. Болдырева кафедра, начиная с первых лет Советской власти, энергично работала над рядом важных научных проблем, получивших в дальнейшем широкое развитие и признание. В 1925 г. в работе «Принципы нового метода кристаллографического исследования вещества» А. К. Болдырев четко сформулировал основные задачи определения кристаллического вещества по измерениям углов на кристаллах и наметил план создания «Определителя кристаллов». Предложенный им метод выгодно отличается своей простотой от федоровского кристаллохимического анализа. Как известно, упрощение достигнуто за счет того, что А. К. Болдырев отказался от поставленной Е. С. Федоровым попутной задачи определения структуры кристалла по его форме. Вслед за гониометрическим измерением он непосредственно переходит к определению вещества. Ход определения состоит в основном из гониометрического измерения определяющих углов, нахождения соответственных углов в ключе определителя и окончательного выбора вполне подходящего вещества по описанию. Ознакомление с техникой метода требует не более часа. Столько же времени требует и само определение вещества.

В многолетней и весьма трудоемкой работе по составлению «Определителя кристаллов» под руководством А. К. Болдырева принимал участие большой коллектив сотрудников (В. В. Доливо-Добровольский, И. И. Шафрановский, В. Ф. Алявдин, В. И. Михеев, В. С. Соболев, Н. Н. Стулов, Ю. П. Преображенский, М. Н. Балашова и др.). Первые два выпуска этого фундаментального труда (тетрагональные, тригональные и гексагональные кристаллы) увидели свет в 1937 и 1939 г.

В 1920 г. А. К. Болдырев в качестве участника Международного геологического конгресса посетил Германию и Испанию. По возвращении из этой поездки он организовал рентгенометрическую лабораторию в Ленинградском горном институте — одну из первых в нашем Союзе. С этих пор и до конца творческой деятельности рентгенометрия кристаллов особенно привлекала его внимание.

Если главной задачей рентгенометрии этого периода было определение кристаллической структуры, то А. К. Болдырев создал второе самостоятельное направление рентгенометрических исследований по применению данного метода к изучению вещественного состава минеральных образований и химических продуктов.

А. К. Болдырев одним из первых понял, что данные, полученные из рентгеновских снимков с кристаллического порошка, являются важней-

шими константами вещества. В связи с этим в рентгеновской лаборатории Горного института и в некоторых других лабораториях начались работы по составлению атласа эталонных дебаеграмм минералов. Уже в тридцатых годах учениками А. К. Болдырева (Г. М. Поповым, В. И. Михеевым, Г. А. Ковалевым, В. И. Дубининой) были подготовлены рентгенометрические эталоны минералов марганцовых и железных руд, силикатов, каменных углей и др.

В 1938—1939 гг. увидели свет два выпуска «Рентгенометрического определителя минералов», составленные А. К. Болдыревым совместно с В. И. Михеевым, Г. А. Ковалевым, В. И. Дубининой и др. Определитель по существу представлял новый метод определения вещества. Он намного опередил аналогичные публикации за границей и послужил образцом для составления ряда иностранных справочников такого же характера. Дальнейшее развитие рентгенометрического метода определения минералов, разработка методики и внедрения его в практику были впоследствии осуществлены блестящим учеником и продолжателем идей А. К. Болдырева — профессором В. И. Михеевым (1912—1956 гг.). Его полный «Рентгенометрический определитель минералов», вышедший в свет в 1957 г., является выдающимся трудом по этому методу, который будет способствовать всемерному расширению сферы его применения.

В 1925 г. А. К. Болдырев опубликовал результаты предпринятого по его инициативе пересмотра кристаллографической номенклатуры простых форм. Эта работа проводилась в стенах Института, где работал Е. С. Федоров, при участии крупнейших специалистов нашей страны. Обновленная номенклатура получила всеобщее распространение в Советском Союзе.

Впоследствии А. К. Болдырев организовал такой же критический пересмотр классификации, номенклатуры и символики 32 видов симметрии. Аналогичную работу провел по отношению к 230 федоровским пространственным группам талантливый, безвременно скончавшийся ученик А. К. Болдырева, В. В. Доливо-Добровольский (1904—1936 г.).

В 1926 г. вышел в свет широко известный курс кристаллографии А. К. Болдырева, выдержавший впоследствии три издания. Этот учебник и до сих пор является ценным справочным пособием по ряду разделов кристаллографии, а по ясности и строгости изложения он может служить образцом для современных авторов кристаллографических руководств. Оригинальный курс кристаллографии, имевшей в свое время большой успех, составил и В. В. Доливо-Добровольский.

Среди учеников и продолжателей А. К. Болдырева по линии кристаллографии особенно выдвинулся В. И. Михеев. Выше уже упоминался его фундаментальный «Рентгенометрический определитель минералов», являющийся наиболее выдающимся трудом в данной области.

В теоретических работах В. И. Михеева получило дальнейшее развитие федоровское учение о симметрии. Его докторская диссертация о гомологии кристаллов открыла новые широкие горизонты в кристаллографии. Помимо обычных элементов симметрии, В. И. Михеев выделил особые элементы гомологичности. Плоскость гомологичности представляет собой плоскость косого отражения, а ось гомологичности отвечает прямой, посредством которой производится косой круговой или эллипсоидальный поворот. Таким образом, элементы симметрии представляют частные случаи элементов гомологичности, а сама симметрия является лишь частным случаем гомологии. В. И. Михеев вывел 218 видов гомологичности, т. е. полных пространственных совокупностей элементов гомо-

логичности для конечных фигур. Эти виды позволяют гораздо точнее классифицировать и систематизировать кристаллы с низкой симметрией.

Учение о гомологии дало возможность решить практически важную задачу индицирования дебаеграмм низкосимметричных веществ.

Необходимо отметить серию очень важных работ В. И. Михеева по рентгенометрическому изучению изоморфных замещений в ряде групп минералов (хлоритов, гранатов, слюд и др.). Им же совместно с Н. Н. Стуловым, была произведена рентгенометрическая расшифровка вещественного состава продуктов высокотемпературного нагревания слоистых силикатов.

Основной темой трудов проф. И. И. Шафрановского (нынешнего заведующего кафедрой кристаллографии) является учение о формах кристаллов. Это учение разрабатывается им с самых различных сторон: с точки зрения структурной (вывод 1403 структурных разновидностей простых форм), генетической (формы, как результат воздействия симметрии кристаллообразующей среды ) и геометрической (вывод вершинных, гранных и реберных форм). Совместно с В. И. Михеевым И. И. Шафрановский описал динамическое поведение структур минералов (сфалерита, корунда и др.) в различных физико-химических средах и осуществил вывод реберных форм для низших и средних сингоний. Результаты своих работ по формам кристаллов И. И. Шафрановский суммировал в монографии «Кристаллы минералов», первая часть которой опубликована в 1957 г., а вторая сдана в печать.

И. И. Шафрановскому же принадлежит разработка геометрии округлых алмазов и ряд статей по кристаллографии кварца, циркона и других минералов. Составленный им совместно с Г. М. Поповым учебник «Кристаллография» выдержал три издания и был переведен на китайский и грузинский языки.

Кроме того, И. И. Шафрановским написана популярная книга о жизни и творчестве Е. С. Федорова (два издания).

Доцент кафедры кристаллографии Н. Н. Стулов открыл и описал влияние электрических зарядов на ориентировку вещества при кристаллизации. Ему принадлежит также описание крупных кристаллов льда, двойниковых срастаний касситерита и др.

Серия интересных работ В. А. Мокиевского посвящена кристаллогенезису. В частности, им было обстоятельно изучено влияние примесей буры на габитус кристаллов сернокислого магния.

И. В. Михеева совместно с В. И. Михеевым провела большую работу по рентгенометрической расшифровке минерального состава глин.

Заканчивая обзор деятельности кафедры кристаллографии Ленинградского горного института, необходимо упомянуть, что в 1930—1931 гг. В. П. Будаевым под руководством А. К. Болдырева была создана кристаллоструктурная мастерская, которая и в настоящее время снабжает моделями кристаллов и структур учебные заведения и научно-производственные организации Советского Союза.

Как уже указывалось выше, ежегодно в конце мая Горным институтом совместно с Всесоюзным минералогическим обществом проводятся научные Федоровские сессии, в работе которых принимают участие кристаллографы из различных научных и производственных учреждений Союза. Труды этих сессий публикуются в виде специальных сборников «Кристаллография», подготовленных к печати кафедрой кристаллографии и издаваемых Ленинградским горным институтом. В настоящее время вышло в свет пять таких сборников.

Традиции и славное прошлое кафедры минералогии Ленинградского горного института связаны с именами таких корифеев как Н. И. Кокшаров, П. В. Еремеев, Е. С. Федоров, В. В. Никитин.[1]

В первые годы Советской власти кафедру минералогии с честью возглавил А. К. Болдырев. В своих лекциях он стремился прежде всего использовать новые рентгенометрические данные для перестройки курса минералогии на основах кристаллохимии. Первые шаги в этом направлении нашли отражение в коллективном труде — учебнике «Курс минералогии», составленном сотрудниками кафедры под редакцией А. К. Болдырева (1936 г.).

Вообще преподавание минералогии в Институте, благодаря влиянию А. К. Болдырева, непрерывно совершенствовалось. Составленный им «Курс описательной минералогии» (три выпуска, 1926—1935 гг.) отличался чрезвычайно ясной и четкой распланировкой материала и строгой системой изложения. В этом отношении он и сейчас может служить отличным образцом.

Исследования отдельных минералов А. К. Болдырев всегда связывал с изучением месторождений полезных ископаемых. Такие исследования, возникая из потребностей практики, давали вместе с тем фактические основания для разработки глубоких теоретических проблем. Так, например, при изучении минералогии россыпных вольфрамовых руд Шерловой горы А. К. Болдыревым были разработаны общие положения о разделении вольфрамитов на минералогические виды и была выявлена связь химического состава вольфрамитов с цветом их черты. Изучение пегматитовых жил Тигирецких белков на Алтае сопровождалось общим рассмотрением вопросов морфологии, классификации и генезиса пертитовых и других полевошпатовых срастаний и т. д.

После А. К. Болдырева кафедру минералогии некоторое время возглавлял академик С. С. Смирнов (1895—1947 гг.). В Горном институте он был последовательно сперва ассистентом, затем доцентом и профессором (1920—1932 гг.). Однако связь его с Институтом никогда не прерывалась и особенно усилилась в годы Великой отечественной войны. Ни один из больших вопросов минералогии в Горном институте не решался без участия С. С. Смирнова.

Наиболее ярким примером практического использования минералогии служит известная книга С. С. Смирнова «Зона окисления сульфидных месторождений» (1936 г.). Такие минералогические данные как минеральный состав зон окисления рудных месторождений, структуры и текстуры выделений минералов, целеустремленно использованы для решения важных практических вопросов — оценки промышленных перспектив глубоких частей рудных месторождений по их окисленным поверхностным выходам, а также в качестве полевых поисковых признаков. В 1943—1945 гг. объединенные вместе кафедры кристаллографии и минералогии возглавил профессор (ныне академик) В. С. Соболев. Его достижения в области минералогии суммированы в широко известной книге «Введение в минералогию силикатов» (1949 г.).

Помимо трех названных профессоров на кафедре минералогии плодотворно трудился коллектив ученых, вносивших свой вклад в развитие науки. Профессор Н. К. Разумовский много сделал для усовершенствования методов диагностики минералов с паяльной трубкой. Ему принад-

---

[1] При составлении данного обзора была широко использована статья Д. П. Григорьева «Минералогия в Горном институте за 175 лет». Зап. Мин. об-ва, 1948, ч. 77, № 3.

лежит новое и оригинальное руководство «Определение минералов по внешнему виду и при помощи паяльной трубки» (1933 г.).

На большой высоте оказалась постановка занятий по определению рудных минералов в шлифах при помощи микроскопа (минераграфия), благодаря деятельности профессора (ныне академика) А. Г. Бетехтина, который создал специальный курс минераграфии и вместе с Л. В. Радугиной издал пособие «Определение рудных минералов под микроскопом» (1933 г.).

Профессором Д. П. Григорьевым в 1934—1935 гг. в Лаборатории экспериментальной минералогии велись работы по синтезу искусственных аналогов природных минералов. Из осуществленных Д. П. Григорьевым синтезов наиболее интересными признаны в литературе синтезы различных слюд и амфиболов. Экспериментальные исследования значительно способствовали разрешению некоторых вопросов химической конституции минералов (изоморфизму соединений кальция и магния, роли воды в минералах и пр.). Особый интерес представляют опыты Д. П. Григорьева по моделированию гидроксилсодержащих силикатов путем замены гидроксила фтором (1935 г.). В свое время всеобщее внимание петрографов привлекло его доказательство возможности расслоения расплавов, близких по составу к естественным силикатным горным породам. Он экспериментально осуществил ликвацию в таких расплавах, добавляя к ним в качестве минерализаторов соединения фтора.

В новых своих работах Д. П. Григорьев уделяет особенно много внимания разработке минералогии на новой генетической основе, охватывающей все взаимосвязанные и взаимообусловленные явления образования всех минеральных объектов. Наряду с видами минералов (природными химическими веществами), он обращает особое внимание и на их «индивиды» (т. е. отдельные природные кристаллы). Важность учета индивидов явствует из того, что «...решение задачи о генезисе видов, т. е. филогении минералов, оказывается зависящим от решения другой задачи — о генезисе индивидов, т. е. онтогении минералов».[1] В настоящее время Д. П. Григорьев возглавляет кафедру минералогии.

Доцентами кафедры являются В. Д. Никитин, С. А. Руденко и К. М. Малкова.

В. Д. Никитин известен многолетними трудами по проблеме пегматитовых месторождений. Развивая идеи А. И. Заварицкого, он доказывает, что пегматиты со всеми присущими им особенностями строения возникли из жильных тел обычных магматических пород путем перекристаллизации этих пород и их метасоматического преобразования. Работы В. Д. Никитина имеют большое практическое значение по выявлению ценных минеральных образований в пегматитовых телах.

Работы С. А. Руденко посвящены минералогии полевошпатовых месторождений.

Новейшие тенденции развития минералогии в Институте могут быть кратко охарактеризованы, по словам Д. П. Григорьева, следующим образом: «В области конституции минералов ведется перестройка курса минералогии на основе кристаллохимии; для силикатов это было сделано ранее проф. В. С. Соболевым, и сейчас усилия направлены к использованию кристаллохимических данных при рассмотрении конституции минералов всех классов.

В отношении свойств минералов исследования имеют целью выявление функциональных зависимостей между конституцией, т. е. химическим составом и атомной структурой, и всеми свойствами минералов.

[1] Д. П. Григорьев. В. И. Вернадский и современная минералогия. Зап. Мин. об-ва, 1955, ч. 84, вып. 2, стр. 136—142.

Морфологические работы развиваются в направлении изучения форм индивидов минералов, обусловленных не их свободным ростом, а соприкосновениями с соседними минералами, что в природе встречается неизмеримо более часто, а также и форм округлого роста и форм растворения.

Значительное внимание уделяется строению, формам и образованию срастаний минералов (агрегатов минералов).

Генетические исследования характеризуются более полным, чем ранее, выявлением вопросов генезиса минералов. Здесь различаются, прежде всего, геологические процессы, при которых образуются минералы: магматический, пегматитовый, гидротермальный, осадочный и пр., — каждый со своими физико-химическими и динамическими условиями; затем выявляются способы возникновения минералов: непосредственная кристаллизация из расплава или раствора, метасоматическое замещение, реакция ранее образовавшихся минералов между собой, каждый из которых может иметь место в разных геологических процессах; собственно под образованием минералов понимается развитие их самих, начиная с зарождения, затем рост и изменение минералов, причем в последнее включаются как явления химического изменения, так и физико-химические изменения (распад твердых растворов, полиморфические превращения и т. п.) и явления динамического метаморфизма минералов. Для установления всех вопросов генезиса минералов отыскиваются возможные объективные их фактические признаки». [1]

В заключение следует отметить большую работу кафедры минералогии по перестройке на современной генетической основе богатейших минералогических коллекций всемирно знаменитого музея при Ленинградском горном институте.

---

[1] Д. П. Григорьев. Минералогия в Горном институте за 175 лет. Зап. Мин. об-ва, 1948, ч. 77, № 3.