31. Кристаллографія за сорокъ лѣтъ.

Е. С. Федорова.

(Доложено 26 Октября 1909 г).

При все возрастающей быстротѣ развитія наукъ 40-лѣтній періодъ представляетъ столь большой срокъ, что для многихъ наукъ, помимо тѣхъ, что получили за это время свое начало, развитіе не ограничилось простымъ приращеніемъ накопившихся фактовъ, но произошло существенное измѣненіе въ ихъ основахъ то есть въ формулировкѣ даже главныхъ законовъ и въ коренныхъ представленіяхъ объ объектахъ ихъ вѣдѣнія.

Отдавая себѣ отчетъ о состояніи кристаллографіи, въ какомъ я ее засталъ 40 лѣтъ тому назадъ, когда я самъ приступилъ къ научнымъ занятіямъ, и сравнивая его съ теперешнимъ, нахожу, что преобразованіе ея за этотъ періодъ едва ли не глубже, чѣмъ какой-либо другой науки. Если еще можно колебаться, то развѣ по отношенію къ химіи, такъ какъ переходъ отъ 50—60 простыхъ элементовъ, составлявшихъ основу химіи къ открывающейся теперь безграничности ихъ есть также преобразованіе до дна. Но пока фактически констатировано не громадное количество повыхъ элементовъ, а сравнительно небольшое, во всякомъ случаѣ не увеличивающее ихъ число вдвое; что же касается соединеній, то именно для большинства новыхъ элементовъ соединеній почти не получено, такъ что это коренное преобразованіе мало отразилось на общемъ состояніи науки.

Съ моей точки зрѣнія такая близость въ этомъ отношеніи кристаллографіи и химіи представляется естественною: обѣ относятся къ наукамъ промежуточнаго характера между науками точными, изученіе которыхъ цѣликомъ сводится къ примѣненію методовъ математики, и описательными, гдѣ вообще математическій методъ не находитъ примѣненія. Если сравнимъ роль математики въ химіи и въ кристаллографіи 40 лѣтъ тому назадъ и теперь, то конечно увидимъ, что послѣдняя подверглась гораздо большему преобразованію.

Если столь глубокое преобразованіе и вообще столь необыкновенный прогрессъ есть явленіе весьма отрадное, то оно же и вызываетъ нѣкоторыя своеобразныя послѣдствія и даже налагаетъ на ходъ науки особый отпечатокъ; вѣдь такое преобразованіе связано, такъ сказать, съ перемѣщеніемъ интеллектуальнаго склада людей, являющихся представителями науки; но по исторической инерціи еще долго люди одного склада стремятся поддерживать его передавать людямъ новыхъ поколѣній, поддерживаютъ эту традицію особымъ подборомъ и такимъ образомъ создаютъ возможное препятствіе къ достаточно широкому распространенію ново-выясненныхъ научныхъ истинъ; другими словами, при такомъ ходѣ науки сильнѣе развивается несоотвѣтствіе между интеллектуальнымъ складомъ большинства ея представителей и самимъ содержаніемъ науки, требующимъ для своего овладѣнія и примѣненія другого склада.

И въ этомъ отношеніи мы можемъ констатировать, что въ области химіи столь рѣзко выраженнаго диссонанса, какъ въ кристаллографіи, не замѣчается.

Чтобы привести яркое проявленіе полной несвязуемости кристаллографіи въ началѣ этого періода, я сопоставлю „Лекціи по Минералогіи“ Кокшарова, скопированныя съ лекцій Наумана съ его диклиноэдрическими [1]) системами, ромботипными

---

[1]) Чтобы охарактеризовать примитивность тогдашнихъ кристаллографическихъ понятій въ отношеніи ученій о симметріи и сингоніи, я полагалъ-бы достаточнымъ ограничиться слѣдующей выпискою изъ 9-го изданія «Elemente der Mineralogie» (1874) высшаго тогдашняго авторитета Науманна объ «открытой» знаменитымъ химикомъ Митчерлихомъ «диклиноэдрической системѣ».

Der anfangs von mir vorgeschlagene Name diklinoëdrisch drückte allerdings den Charakter dieses Systemes ganz richtig aus, indem er besagt, dass die Winkel der drei

геміэдріями и тетартоэдріями и только-что появившуюся статью В. И. Соколова и Д. Н. Артемьева „Опредѣленіе плотности сѣтокъ кристаллическихъ граней“ Въ какомъ отношеніи эту послѣднюю статью можно разсматривать какъ дополненіе или усовершенствованіе научныхъ рѣшеній, заключающихся въ „Лекціяхъ“ Мнѣ кажется, что ни въ какомъ, что линія знаній, которой принадлежитъ эта статья, никоимъ образомъ не привязывается къ „Лекціямъ“, что въ промежуточное время возникли совершенно новыя теоретическія основанія, и лишь въ ихъ развитіе появился рядъ работъ, къ которому принадлежитъ и означенная статья.

Примѣръ этой статьи настолько поучителенъ для исторіи кристаллографіи разсматриваемаго періода, что я позволю себѣ остановиться на немъ подробнѣе.

Авторы ея рѣшаютъ вопросъ, какъ проще всего графическимъ путемъ опредѣлить плотность сѣтки кристаллическихъ граней данной комбинаціи. Прежде всего для этого предполагается данною гномостереографическая проекція этой комбинаціи; эта проекція, въ свою очередь, предполагаетъ употребленіе стереографической сѣтки.

Но хотя принципъ составленія такихъ сѣтокъ сталъ извѣстенъ въ глубокой древности [1]) и даже въ примѣненіи къ кристаллографіи онъ изложенъ въ первую четверть XIX вѣка Науманномъ [2]), но мы всетаки не видимъ еще фактическаго примѣненія стереографическихъ сѣтокъ къ началу періода, о которомъ идетъ рѣчь, хотя втеченіе этого періода примѣненіе этихъ сѣтокъ появилось и разрасталось.

Далѣе эта статья предполагаетъ особое представленіе о структурѣ кристалла въ видѣ пространственныхъ рѣшетокъ.

Хотя вообще представленіе о структурѣ, болѣе или менѣе близкое къ этому, получило начало давно, болѣе отчетливо выразилось въ сочиненіяхъ Гаюи въ концѣ XVIII вѣка и, пройдя рядъ стадій, получило ту же форму въ трудахъ Франкенгейма [3]) и Браве [4]), однако опять-таки мы напрасно будемъ искать намековъ на это представленіе въ руководящихъ сочиненіяхъ Науманна или Кокшарова; относительно послѣдняго, въ частности, мнѣ лично извѣстна полная его непосвященность.

Но самому Браве, котораго трудъ игнорировался столь долгое время (до появленія сочиненій Маллара, въ которыхъ онъ уже широко пользуется этими представленіями), не удалось связать его съ реальными кристаллами. Между тѣмъ, упомянутый трудъ авторовъ именно исходитъ изъ уже выяснившихся соотношеній между наблюденными комбинаціями и пространственными рѣшетками. Устанавливается же оно при посредствѣ параллелоэдровъ то есть такого понятія, о которомъ къ началу періода въ научной литературѣ не было и намека, и какъ разъ получаетъ развитіе въ началѣ этого періода.

Для простѣйшаго рѣшенія поставленной задачи авторы пользуются построеніемъ не обыкновенной пространственной рѣшетки, а такъ называемой полярной. Это послѣднее понятіе также введено въ упомянутомъ сочиненіи Браве, но получило примѣненіе къ кристаллографіи еще значительно позже, чѣмъ понятіе объ обыкновенныхъ рѣшеткахъ.

Наконецъ, самъ трудъ авторовъ предназначается къ облегченію работъ по установленію правильной установки кристалловъ, или, что то же, по установленію истинной формы даннаго кристалла и истинныхъ его геометрическихъ константъ.

Это представленіе объ истинной формѣ кристалла или истинныхъ его константахъ вовсе не имѣетъ корня въ литературѣ, предшествующей описываемому періоду, если не считать слишкомъ примитивнаго представленія Гаюи о первичныхъ формахъ, и еще болѣе примитивнаго представленія Бергмана о ко-

---

schiefe gegen einen rechten auftraten. Unbegreifich ist es, wie selbst in den neuesten Werken von Schrauf und Frankenheim dieses Verhältniss auf die Axenwinkel übertragen worden ist, was weder Mitscherlich's noch meine Ansicht war, und wodurch allerdings das dikline System nur zu einem besonderen Falle des triklinen Systems degradirt wurde. Dass es aber, nach seinem wahren Charakter aufgefasst wirklich einen etwas höheren Grad von Symmetrie besitzt als das trikline System, diess ist einleuchtend, weil in der Zone derjenigen Axe, welche als die Durchschnittslinie der beiden rechtwinkligen Hauptschnitte, von rechtswegen die Hauptaxe ist, die Symmetrie der verticalen Zone des rhombischen Systemes waltet.

Къ этому онъ прибавляетъ ссылку на Кокшарова какъ высокаго авторитета, котораго онъ противоставляетъ Квенштедту, а именно: Vergl. auch N. v. Kokscharow, Vorle sungen über Mineralogie S. 151, und dagegen die seltsame und confuse Kritik, welche Quenstedt in seinem Handbuche der Mineralogie, 2 Aufl. S. 31 gegen das dikline System ausübt.

Насколько Кокшаровъ въ своихъ «Лекціяхъ» былъ ориентированъ въ вопросахъ математики, имѣющихъ приложеніе къ кристаллографіи, можно видѣть изъ того, что знаменитую формулу Эйлера $n+a=r+2$ (гдѣ n число вершинъ, a число граней, r число реберъ многогранника) онъ называетъ формулою Науманна.

[1]) Эту исторію въ самое послѣднее время изложилъ Гутчинсонъ въ статьѣ «Ein Transporteur für die stereographische und gnomonische Projection». (Zeitschr. für Krystal. 4ѳ, 225.

[2]) «Beiträge zur Krystallonomie» 1823.

[3]) Die Lehre von der Cohäsion. 1835.

[4]) Mèm. sur les syst. formès par d. points distribués régulièrement sur un plan ou dans l'éspace. 1850.

ренныхъ ядрахъ (Grundkerne) кристалловъ. Напротивъ того, во всѣхъ руководящихъ трактатахъ и учебникахъ кристаллографіи вопросъ объ установкѣ всякаго даннаго кристалла, то есть обозначеніи его формъ опредѣленными символами разсматривается какъ вопросъ субъективности и условности. Всегда мы читаемъ, что для такого-то кристалла такой-то авторъ принялъ такую то установку, а другой авторъ другую, а кто изъ нихъ правъ, и кто впалъ въ ошибку, не подлежитъ даже разсмотрѣнію, и если приводятся какія-либо соображенія въ пользу того или другого рѣшенія, то исключительно въ смыслѣ нѣкоторыхъ удобствъ.

Уже въ этой субъективности или условности нельзя не видѣть совершенно особаго положенія кристаллографіи посреди другихъ точныхъ наукъ, для которыхъ такая условность въ основныхъ понятіяхъ, которая дѣлаетъ несравнимыми полученные результаты, конечно недопустима.

Конечно, еще большее значеніе для оцѣнки относительнаго состоянія кристаллографіи 40 лѣтъ назадъ и теперь имѣетъ сравненіе хода изслѣдованія избраннаго кристалла до полученія окончательнаго результата.

Тогда нужно было начинать съ тщательнаго осмотра кристалла (даже подъ лупой, если онъ очень малъ) и хоть приближенно зарисовать внѣшній видъ его комбинаціи, чтобы выбрать тѣ пояса, въ которыхъ предстоитъ произвести измѣреніе угловъ на гоніометрѣ. Затѣмъ, напередъ означивъ видимыя грани какими-нибудь буквами, приступали къ измѣренію по поясамъ, и для каждаго такого измѣренія нужно было нетолько умѣло наклеить его на кристаллоносецъ, но и хоть приближенно привести ось измѣряемаго пояса въ положеніе, параллельное оси (единственной) гоніометра. Затѣмъ предстояла весьма кропотливая работа точной юстировки, послѣ которой самое измѣреніе отнимало столь мало времени, что могло считаться ничтожнымъ придаткомъ къ остальной работѣ. Но эту сложную и хлопотливую операцію нужно повторить неопредѣленное число разъ, по числу избранныхъ поясовъ; какіе именно пояса избрать, сколько произвести такихъ операцій, предоставлялось субъективной оцѣнкѣ изслѣдователя. Въ зависимости отъ этого и таблица измѣренныхъ угловъ весьма различалась по индивидуальности работающаго; у однихъ авторовъ такія таблицы сравнительно незначительны; у другихъ онѣ занимали много страницъ [1]) въ печатномъ изложеніи. Затѣмъ начиналась страшно тяжелая и кропотливая работа вычисленій; по избраннымъ наилучшимъ угламъ, которые, согласно теоріи вѣроятности, брались средними изъ угловъ, полученныхъ въ цѣломъ рядѣ такихъ измѣреній, нужно было путемъ послѣдовательныхъ рѣшеній сферическихъ трехугольниковъ дойти до такихъ угловъ, которые непосредственно входятъ въ константы, или же служатъ для вычисленія такихъ константъ (отношеніе единичныхъ отрѣзковъ). Вообще такая работа длилась отъ нѣсколькихъ недѣль до нѣсколькихъ мѣсяцевъ. Спеціально же въ случаѣ триклинныхъ кристалловъ, она представлялась столь сложною и требующею такого напряженія, что вообще только исключительныя лица брались за такія работы.

Съ грустью приходится сознаться, что именно въ Россіи рѣшительно никто не производилъ такія работы (если не считать Купфера, который работалъ еще въ началѣ прошлаго столѣтія), и если иногда триклинные кристаллы и измѣрялись, то все-таки оригинальныхъ вычисленій не производилось, а наблюденные углы просто сравнивались съ вычисленными заграничными авторитетными кристаллографами.

Какъ я уже упомянулъ, установка принималась произвольная въ предѣлахъ принятыхъ условій. Иногда, и даже нерѣдко, къ этому присоединялись изображенія въ какой-нибудь проекціи, смотря по вкусу автора, а особенно принятое въ кристаллографіи изображеніе въ косо-поставленныхъ относительно кристалла, но параллельныхъ лучахъ.

Уже очень рѣдко добавлялось оптическое изслѣдованіе, а равно изслѣдованіе какихъ-нибудь другихъ физическихъ свойствъ.

Спеціально же оптическое изслѣдованіе триклинныхъ кристалловъ представляло едва преодолимыя трудности. Въ общемъ же, оно не производилось систематически, а давались болѣе или менѣе поверхностныя указанія, напр. объ углахъ погасанія на тѣхъ или другихъ граняхъ, положенія плоскости оптическихъ осей и т. п. Для кристалловъ высшихъ видовъ сингоніи, а именно тетрагональныхъ и гексагональныхъ, это дѣлалось гораздо чаще, такъ какъ для нихъ даже тогдашніе

[1]) Какъ на одинъ изъ крайнихъ примѣровъ можно указать на „Кристаллографическія изслѣдованія турманита съ Цейлона“ В. Н. Воробьева. Въ этомъ сочиненіи, обнимающемъ 330 стр. печатнаго текста, разсматривается почти только вопросъ о наблюденныхъ комбинаціяхъ и подчеркивается нахожденіе 129 новыхъ формъ, то есть формъ, еще не наблюдавшихся никѣмъ въ минералѣ, служившемъ объектомъ столь многочисленныхъ изслѣдованій. Только таблица вычисленныхъ и измѣренныхъ угловъ занимаетъ 209 — 256 страницы текста.

пріемы не были слишкомъ сложны, хотя все-таки ихъ трудно сравнивать съ теперешними.

Вмѣсто этихъ недѣль или мѣсяцевъ теперь изслѣдованія кристалла какого-нибудь вещества, и притомъ несравненно болѣе полныя, требуютъ затраты сравнительно небольшого числа часовъ, хотя все-таки есть случаи болѣе простые, требующіе особо малой затраты времени и случаи болѣе сложные.

Первое громадное сокращеніе въ измѣреніи внесъ универсальный гоніометръ, при употребленіи котораго достаточно юстировку кристалла произвести лишь одинъ разъ, и притомъ вообще въ наиболѣе выгодной оріентировкѣ кристалла, напримѣръ, поставить кристаллъ на кристаллоносцѣ въ положеніе, при которомъ ось вертикальнаго пояса приблизительно перпендикулярна къ его площадкѣ.

Какой бы сингоніи ни былъ кристаллъ и какъ бы сложна ни была его комбинація, во всякомъ случаѣ работа не можетъ потребовать больше 3—4 часовъ времени.

Вообще же время, нужное для этого, еще гораздо короче, и я по опыту могу сказать, что въ большинствѣ случаевъ втеченіе одного дня можно измѣрить до десяти кристалловъ. Громадное облегченіе при этомъ еще состоитъ въ томъ, что избѣгаются главныя трудности по выбору поясовъ, по которымъ приходится юстировать. Прежде эти трудности вызывали большое напряженіе, отъ котораго не сохранилось и слѣда.

Одновременно съ измѣреніемъ производится не только запись отсчитываемыхъ чиселъ съ подлежащими отмѣтками, но и дѣлается нанесеніе опредѣленныхъ граней на стереографическую сѣтку въ гномостереографической проекціи.

Такими пріемами нетолько совершенно устраняется возможность путаницы, которая при прежнихъ пріемахъ удручала изслѣдователей, когда неправильно толковались грани измѣряемыхъ поясовъ. Не меньшее значеніе имѣетъ еще относительная полнота новыхъ пріемовъ, такъ какъ, нанеся на проекцію главнѣйшія грани кристалла, и проведя главнѣйшіе пояса, не трудно провѣрить, присутствуютъ ли другія грани, въ порядкѣ важности, хотя бы могли быть упущены при разсмотрѣніи самого кристалла и не давали бы рефлексовъ, а напримѣръ только отсвѣты, или даже грани матовыя, которыя конечно и теперь наносятся очень грубо.

Простое составленіе діаграммы въ гномостереографической проекціи въ большинствѣ случаевъ даетъ основаніе для одного или нѣсколькихъ допущеній правильной установки, и для каждой установки непосредственно опредѣляются символы всѣхъ наблюденныхъ граней.

Для достиженія большинства цѣлей современной кристаллографіи и, между прочимъ, для опредѣленія структуры и символа комплекса слѣдуетъ просмотрѣть комбинаціи возможно большаго числа отдѣльныхъ кристалловъ, и для нѣкоторыхъ изъ нихъ произвести дополнительныя измѣренія (чтобы опредѣлить порядокъ важности отдѣльныхъ формъ), но разъ познакомившись съ индивидуальностью кристалла, мы производимъ эти повторенія съ еще большею легкостью и скоростью.

Выводя символы граней при нѣсколькихъ (чаще всего двухъ или трехъ) возможныхъ допущеніяхъ относительно правильной установки, мы должны приняться за опредѣленіе плотности сѣтокъ граней и составленіе таблицъ по опредѣленію вѣроятности каждой предположенной установки, и тогда число, выражающее наибольшую вѣроятность, непосредственно указываетъ и на окончательно опредѣленную правильную установку. Дѣло составленія символа комплекса есть тогда дѣло нѣсколькихъ минутъ.

Вышеупомянутая статья В. И. Соколова и Д. Н. Артемьева, какъ послѣдняя работа того періода, о которомъ я веду рѣчь, сводитъ дѣло опредѣленія числа, выражающаго плотность сѣтки граней простой формы, къ простому отсчитыванію по таблицѣ; по этому можно судить, насколько мало труда требуется для составленія таблицъ, опредѣляющихъ структуру и вмѣстѣ правильную установку [1]).

Въ смыслѣ геометрической характеристики кристалла, символъ комплекса, полученный столь легкими и скорыми пріемами, есть важнѣйшая цѣль кристаллографическаго изслѣдованія, потому-что всякое различіе въ истинныхъ комплексахъ кристалла находитъ свое выраженіе въ этомъ символѣ.

Правда, при употребленіи этихъ пріемовъ, числа, входящія въ составъ этого символа, не отличаются большою точностью и хорошо, если они выражаютъ ее въ предѣлахъ полградуса. Но именно кристаллографія насъ учитъ, что достиженіе большой точности не даетъ особенно важныхъ научныхъ результатовъ.

Достаточно сказать, что комплексы, а слѣдовательно и ихъ точные символы, изоморфныхъ кристалловъ весьма близки другъ къ другу, но и эта близость выражается не въ единичныхъ минутахъ, а въ частяхъ градуса или даже нѣсколькихъ гра-

[1]) На опытѣ самаго послѣдняго времени я нашелъ, что на основаніи литературныхъ данныхъ втеченіе дня можно сдѣлать полный разсчетъ для 15—20 кристаллическихъ веществъ.

дусахъ; если же мы имѣемъ изоморфно-смѣшанные кристаллы, то вообще въ числахъ получаетс непрерывная послѣдовательность.

Если бы задачею гоніометріи было опредѣлять количественное соотношеніе смѣшанныхъ кристалловъ, то требовалась бы большая точность. Но, къ сожалѣнію именно для этой цѣли гоніометрическій пріемъ не примѣнимъ уже потому, что въ составъ смѣси могутъ входить не двѣ, а большее число составныхъ частей, что во всякомъ случаѣ вызываетъ неопредѣленность результатовъ.

Напротивъ того, важную и легко осуществимую задачу кристаллографіи составляетъ констатированіе факта, что данный кристаллъ принадлежитъ тому или другому изоморфному ряду, а для этого уже никакой особой точности не требуется, такъ какъ дѣло идетъ о рядѣ чиселъ, отличающихся въ предѣлахъ нѣсколькихъ градусовъ.

Наконецъ, въ громадномъ большинствѣ случаевъ большая точность недостижима по несовершенству образованія самихъ кристалловъ. Въ итогѣ получается, что во всѣхъ случаяхъ продуктивныхъ приложеній кристаллографіи достаточно имѣть довольно грубыя приближенія, что и достигается описанными пріемами.

Въ противоположность этому, именно въ прежнее время кристаллографы стремились добиться исключительной точности и опредѣляли константы съ пятью и шестью десятичными знаками, но дѣйствительные факты совершенно не оправдали надеждъ, возлагавшихся на такую точность, которая всегда оказывалась фиктивною. Достаточно вспомнить о скучиваніи кристаллическихъ индивидовъ, какъ объ общемъ фактѣ, что не только теперь, но и въ будущемъ точность при кристаллографическихъ изслѣдованіяхъ вообще не будетъ достигнута (за единичными исключеніями), а разъ ее вообще нельзя достичь, то нельзя задаваться и рѣшеніями вопросовъ, требующими достиженія такой точности.

Однако, все-таки, при измѣреніи кристалла, особенно съ пользованіемъ средними вѣроятнѣйшими числами, точность можетъ быть значительно высшею, чѣмъ могутъ дать только-что упомянутые графическіе пріемы, а потому не безполезно обращаться и къ вычисленіямъ, основаннымъ на нѣсколькихъ наиболѣе надежныхъ среднихъ числахъ.

Но и въ этомъ отношеніи переворотъ совершился самый глубокій.

Какъ на послѣднее слово науки о вычисленіи кристалла съ возможно-точнымъ опредѣленіемъ сферическихъ координатъ, можно указать на систему вычисленій при употребленіи сферическихъ бинолярныхъ координатъ, при которой весь процессъ этихъ вычисленій въ самомъ сложномъ случаѣ триклинныхъ кристалловъ опять таки сводится къ нѣсколькимъ часамъ времени, въ противоположность тѣмъ недѣлямъ и мѣсяцамъ, которые требовались для этого въ прежнее время. Въ промежуточной стадіи стояла система проективныхъ вычисленій, оставшаяся и теперь полезной въ очень многихъ случаяхъ, но все-таки требующая для вычисленія сферическихъ координатъ гораздо большей затраты времени, чѣмъ система биполярныхъ координатъ.

Приблизительно въ томъ же масштабѣ произошелъ переворотъ и въ методѣ оптическихъ изслѣдованій.

Я указывалъ выше, что въ прежнее время дѣло оптическаго изслѣдованія вообще (кромѣ частныхъ случаевъ) было связано съ большими, а спеціально, для триклинныхъ, съ едва преодолимыми затрудненіями, которыхъ теперешніе методы абсолютно не знаютъ [1]); и потому на изслѣдованіе новаго кристалла безъ опредѣленія оптическихъ константъ, можно смотрѣть какъ на завѣдомо неполное изслѣдованіе.

Пока я указалъ только на достигнутые результаты, сравнивая начальное и конечное состоянія кристаллографіи за этотъ періодъ. Но нельзя не коснуться вопроса, какими путями эти результаты достигнуты и что для этого понадобилось разработать.

Отвѣчая на этотъ вопросъ, мы не можемъ не выдвинуть исключительнаго обстоятельства, связаннаго съ развитіемъ кристаллографіи.

Математика, по самому существу, есть такъ сказать начальный или исходный этапъ для правильнаго мышленія въ области точныхъ наукъ, и ни одна изъ нихъ не можетъ обойтись безъ пользованія выводами различныхъ отдѣловъ математики. Но вообще чистые математики въ разработкѣ своей науки идутъ гораздо дальше, чѣмъ это требуется для приложеній въ области чистыхъ наукъ и техники и останавливаются только предъ непреодолимыми въ данное время для человѣческаго ума преградами, непреодолимыми для нихъ, а тѣмъ болѣе для представителей прикладныхъ наукъ. Поэтому, вообще и никогда представители этихъ наукъ [2]),

---

1) Конечно, предполагаются достаточно прозрачные кристаллы, хотя въ послѣднее время Кенигсбергеромъ сдѣланы попытки дѣлать оптическія опредѣленія и на непрозрачныхъ.

2) Если не считать перѣдкихъ случаевъ представителей науки съ особенно широкимъ кругозоромъ, совмѣщавшими разработку вопросовъ чистой математики съ изслѣдованіями въ другихъ областяхъ знанія.

какъ таковые, не разрабатывали вопросовъ чистой математики, а лишь ограничивались ознакомленіемъ съ результатами, достигнутыми чистыми математиками, и пользовались ими для разрѣшенія поставленныхъ ихъ наукою задачъ.

Съ исторіею кристаллографіи случилось совсѣмъ особое. Кристаллографы не нашли у чистыхъ математиковъ разработанными многихъ изъ тѣхъ отдѣловъ, безъ которыхъ не могла обойтись кристаллографія въ своемъ поступательномъ движеніи, и волей неволей имъ приходилось самимъ браться за разработку такихъ отдѣловъ. Это имѣло мѣсто и прежде: достаточно ознакомиться съ сочиненіемъ Гесселя „Elemente der Gestaltenlehre“, чтобы убѣдиться въ этомъ. Но едва ли не въ наибольшей степени такую работу пришлось исполнять въ теченіе періода, о которомъ идетъ рѣчь. Достаточно указать на ученіе о фигурахъ вообще, и въ особенности на ученіе о симметріи, ученіе о сингоніи, ученіе о правильномъ выполненіи плоскости и пространства — все ученія чисто математическія, но остававшіяся мало или отчасти абсолютно не затронутыми чистыми математиками. Нетолько значительныя части этихъ ученій были вообще разрабатываемы кристаллографами, но нѣкоторымъ изъ нихъ этими спеціалистами положены первые основные камни. Это обстоятельство оттѣняетъ нѣкоторую односторонность въ развитіи самой математики, представители которыхъ никогда не задавались вопросами этого рода. Эта односторонность подчеркивается еще въ большей степени тѣмъ обстоятельствомъ, что нѣкоторые изъ отдѣловъ математики, установленные помимо математиковъ, оказались въ тѣсной связи съ вопросами, дѣятельно разрабатывавшимися самими математиками, а подчасъ они принимались просто за дальнѣйшую обработку теорій, исшедшихъ отъ кристаллографовъ.

Особенно наглядный примѣръ этому представляетъ теорія правильнаго выполненія плоскости и пространства. Она оказалась связанною съ теоріею квадратичныхъ формъ, которою ревностно занимались многіе математики, но нетолько съ нею, но и съ теоріею чиселъ, и слѣдовательно и глубочайшими отдѣлами математическаго анализа.

Ученіе о симметріи связалось почти воедино съ математическою теоріей группъ. Но положившій основаніе этой теоріи французскій математикъ К. Жорданъ выдвинулъ ее значительно полнѣе, чѣмъ основанія ученія о симметріи были разработаны Гесселемъ. Но еще страннѣе, что въ самомъ выводѣ Жордана оказались ошибки, на которыя пришлось указать кристаллографу [1]), такъ же какъ впослѣдствіи пришлось отмѣтить ошибки въ математическомъ трудѣ А. Шенфлиса „Ueber Gruppen von Bewegungen“ [2]).

Ученіе о сингоніи цѣликомъ могло бы войти въ составъ теоріи чиселъ, занявъ въ ней мѣсто въ видѣ особаго отдѣла.

Но всѣ ученія были для примѣненія въ кристаллографіи совершенно неизбѣжны, и потому представители послѣдней были вынуждены обратиться къ разработкѣ соотвѣтственныхъ отдѣловъ чистой математики.

Конечно, природа не ставитъ въ людской организаціи рѣзкой границы, дѣлающей ихъ спеціалистами того или другого отдѣла знаній; но въ общемъ она все-таки намѣчаетъ преимущественныя способности въ томъ или другомъ направленіи. И если наука въ своемъ прогрессивномъ развитіи въ сравнительно короткій періодъ существенно мѣняетъ свои основы, то для поддержанія и дальнѣйшаго успѣха она нуждается въ соотвѣтственномъ преобразованіи и личнаго состава. Между тѣмъ измѣненіе послѣдняго характера идетъ гораздо медленнѣе, и возникаютъ специфическія особенности въ этотъ переходный періодъ; и эти особенности мы съ отчетливостью наблюдаемъ въ исторіи развитія кристаллографіи этого періода.

Первая есть то, что значительное количество оффиціальныхъ представителей перестаетъ оріентироваться въ успѣхахъ науки, не въ состояніи приспособляться къ нимъ, и даже просто перестаетъ ихъ понимать.

Второе есть то, что подборъ этихъ представителей, вызванный прежнимъ состояніемъ науки, становится все меньше и меньше приспособленнымъ къ этому прогрессивному движенію науки; а если выдѣляются отдѣльные представители, вполнѣ приспособленные къ данному моменту, то за ними идутъ другіе, уже не вполнѣ приспособленные, но все-таки еще оріентирующіеся въ важности развитія нарастающихъ вопросовъ и пытающіеся самостоятельно идти навстрѣчу ихъ разрѣшенія, но какъ не вполнѣ приспособленные, выбирающіе неудачные шаги и такимъ образомъ умаляющіе въ глазахъ другихъ коллегъ указанія математическихъ теорій, служащихъ для разрѣшенія вопросовъ кристаллографіи. Свѣжесть періода, о которомъ идетъ рѣчь, затруд-

[1]) Ср. Записки И. СПБ. Минералогическ. общ. 28 387.
[2]) Mathematische Annalen XXVIII 319, XXIX 50 и XXXIV 172. Въ сочиненіи Krystallsysteme und Krystallstructur (стр. 622) этотъ математикъ самъ отмѣтилъ указанныя ему ошибки, по поводу которыхъ пришлось вести довольно длительную переписку.

няетъ иллюстрировать эту мысль соотвѣтственными примѣрами, но каждый, слѣдящій за научною литературою въ широкомъ смыслѣ слова, и вникнувшій въ сущность и значеніе опубликованныхъ работъ, увидитъ, что въ области кристаллографіи таковыхъ гораздо больше, чѣмъ приспособленныхъ и дѣйствительно, хотя и микроскопическими шагами, но постоянно подвигающихъ науку со ступени на слѣдующую.

Тоже мы замѣтимъ и въ болѣе начальныя стадіи кристаллографіи, и какъ я старался выяснить, такимъ именно неприспособленнымъ къ настоящимъ и твердымъ успѣхамъ науки былъ и знаменитый Науманнъ, несмотря на то, что никто не достигъ столь высокаго авторитетнаго положенія и на столь сравнительно продолжительное время, какъ именно онъ. Такая какъ будто и несообразность станетъ совершенно понятною и естественною, если принять во вниманіе, что громкость имени, внѣшній авторитетъ зависятъ не отъ приспособленности къ успѣхамъ науки, а отъ приспособленности къ личному составу ея представителей въ данную минуту, и съ этой стороны Науманнъ дѣйствительно явился наиболѣе приспособленнымъ. Но прошло восьмое десятилѣтіе прошлаго вѣка, и Науманна какъ бы сразу забыли, а еслибы теперь мы задали себѣ вопросъ, что же отъ него осталось въ наукѣ твердаго, нерушимаго даже на будущее время, то оказалось бы отвѣтить весьма затруднительно. Какъ разъ противоположное случилось съ Гесселемъ, приспособленнымъ для рѣшенія тѣхъ вопросовъ ученія о фигурахъ, безъ которыхъ не могла обойтись кристаллографія, но совершенно неприспособленнымъ къ той средѣ, которая съ такимъ энтузіазмомъ встрѣчала Науманна [1]).

Онъ оставался почти въ полной неизвѣстности до самой своей смерти; зато теперь нѣтъ спеціалиста, который не зналъ бы, что онъ сдѣлалъ вѣчнаго для науки.

Но въ особенности за этотъ періодъ времени получила примѣненіе Новая геометрія, которая сама находится въ періодѣ созиданія. Эта область математики, зародыши которой легко найти даже въ древности, стала ближе опредѣляться съ начала предыдущаго вѣка, хотя бы въ видѣ отдѣльныхъ частныхъ ученій.

Если принять во вниманіе новѣйшее ея опредѣленіе какъ таковой области геометріи, которая относится къ геометріи древнихъ, какъ алгебра относится къ ариѳметикѣ, станетъ ясно, что тѣ ея теоремы, которыя сохраняютъ свое значеніе независимо отъ той системы геометрическихъ элементовъ, къ которой онѣ относятся, стали ея теоремами только тогда, когда было ясно сознано, что эти теоремы дѣйствительно имѣютъ такое примѣненіе. Между тѣмъ само сознаніе это есть дѣло самыхъ послѣднихъ дней, и потому про самое возникновеніе ея можно говорить только въ связи съ этимъ временемъ, то есть съ началомъ XX вѣка. Втеченіи же XIX вѣка шелъ лишь подготовительный періодъ, въ которомъ это сознаніе начало проявляться въ проблескахъ, но все-таки рядъ такихъ геометрическихъ операцій, которыя характерны для этой области, началъ обособляться и постепенно создавались частныя ученія входившія въ составъ новой области, получавшей различныя названія, въ особенности проективной геометріи и геометріи положенія.

Если теперь кристаллографіи приходится широко пользоваться теоремами Новой геометріи, то нѣкоторая связь этихъ двухъ областей знанія была выяснена и раньше. Къ числу подготовительныхъ работъ математиковъ начальнаго періода, имѣющихъ особенно близкое отношеніе къ кристаллографіи, на первомъ мѣстѣ слѣдуетъ поставить сочиненіе Мебіуса, „Barycentrischer Calcül"; въ немъ развивается понятіе о геометрической сѣти"; но самъ авторъ и не подозрѣвалъ, что дѣло идетъ о развитіи кристаллографическаго комплекса. Едва ли впервые не англійскій кристаллографъ Миллеръ въ срединѣ прошлаго вѣка началъ примѣнять къ кристаллографіи разнообразныя изъ

---

1) Для оцѣнки состоянія оффиціальной науки (въ противоположность дѣйствительнымъ успѣхамъ науки) приходится ссылаться на сочиненія лицъ, оффиціально поставленныхъ на одно изъ первыхъ мѣстъ. Напр. для оцѣнки состоянія оффиціальной кристаллографіи къ началу періода, мы сошлемся на *Науманна* и *Кокшарова*.

Если еще бы пришлось ссылаться на теперешнихъ оффиціальныхъ авторитетовъ, то я ради характеристики привелъ бы напр. слѣдующія двѣ выписки:

1) «Въ видѣ закона эллипсоида могутъ, какъ извѣстно, удобно выразиться всѣ безъ исключенія разнообразнѣйшія физическія свойства кристаллическаго вещества» (и въ частности говорится объ его примѣненіи напр. къ плоскостямъ сдвига то есть свойствамъ, проявляющимся только въ нѣсколькихъ плоскостяхъ.

2) «Очевидно тетраэдры могутъ заполнить пространство безъ промежутковъ, если мы будемъ складывать ихъ гранями»... (Рѣчь идетъ о правильныхъ тетраэдрахъ). Послѣдняя заимствована изъ учебнаго руководства, цѣль котораго должна служить полной гарантіей обдуманности каждой фразы и, притомъ, фраза эта должна выражать мои воззрѣнія и выводы. Ясно, что таковыхъ я сдѣлать не могъ, потому что изъ элементовъ ученія о фигурахъ извѣстно, что углы тетраэдра ирраціональны.

Съ такимъ же изумленіемъ въ только-что появившейся замѣткѣ читаю: «По *Федорову* между кубической и гексагональной системой существеннаго различія нѣтъ». Понятно, что авторъ не приводитъ ссылки для подтвержденія такого невѣжества съ моей стороны (уже не только неумѣнія отличить систему отъ сингоніи, но даже различить сингонію кубическую и гексагональную)»!

тѣхъ ученій, которыя впослѣдствіи вошли въ составъ Новой геометріи, особенно ученіе о гармоническихъ лучахъ и о раціональныхъ двойныхъ отношеніяхъ вообще.

Гауссъ уже вполнѣ опредѣленно выражаетъ въ разнообразныхъ формахъ основной законъ кристаллографіи, какъ законъ раціональности двойныхъ (ангармоническихъ) отношеній [1]).

Болѣе систематическое примѣненіе Новой геометріи и сначала именно къ кристаллографическимъ явленіямъ началось уже въ послѣднемъ періодѣ съ Либиша и его статей „Zur analytisch-geometrischen Behandlung der Krystallographie“ [2]) и другихъ, которыя потомъ вошли въ его учебное руководство „Geometrische Krystallographie“, за которыми пошли труды автора и другихъ.

Благодаря этимъ исключительнымъ особенностямъ въ исторіи кристаллографіи получились и, повидимому, продолжаются исключительныя слѣдствія, а именно весьма рѣзкое различіе между дѣйствительными успѣхами науки и ея оффиціальнымъ состояніемъ.

По крайней мѣрѣ къ началу періода, о которомъ идетъ рѣчь, это обстоятельство выразилось въ весьма рѣзкой формѣ. Если, напр., выводы всѣхъ видовъ симметріи были сдѣланы въ 1829 году (въ трудѣ Гесселя), то можно ли говорить, что къ 1870 году кристаллографія не сдѣлала этого успѣха. Но на дѣлѣ не только въ 1870, но даже до 1890 года, когда появилась замѣтка Л. Зонке Die Entdeckung des Eintheilungsprincips der Krystalle durch J. F. C. Hessel не только ни въ одномъ учебномъ руководствѣ объ этомъ успѣхѣ не упоминалось, но изъ спеціалистовъ кристаллографіи, какъ оказалось, рѣшительно никто и не зналъ о существованіи этого труда; не зналъ (по собственному сознанію) и А. Гадолинъ, который тотъ же выводъ въ новой формѣ опубликовалъ въ 1869 г. [3]) Словомъ, трудъ Гесселя по этому предмету какъ бы пропалъ безвозвратно и съ 1830 до 1870 г. кристаллографія въ этомъ отношеніи не сдѣлала ни малѣйшаго шага, скорѣе шагъ назадъ, такъ какъ въ трудѣ разсматриваются исключительно виды симметріи кристалловъ, тогда какъ у Гесселя выводъ имѣетъ гораздо болѣе общее значеніе (въ какомъ онъ началъ излагаться лишь въ началѣ 80-хъ годовъ).

Даже современникъ Гесселя Браве настолько не имѣлъ представленія объ этомъ трудѣ, что сдѣлалъ завѣдомый шагъ назадъ (конечно только по незнакомству съ трудомъ Гесселя, связанному съ неправильностью принятаго имъ метода), такъ какъ не могъ даже сдѣлать яснаго вывода видовъ симметріи кристалловъ. Въ нѣкоторыхъ позднѣйшихъ сочиненіяхъ Гесселя [4]) лишь между строками можно прочесть горечь его сознанія, что значительно позднѣйшее опубликованіе того же труда въ столь испорченномъ видѣ встрѣчено въ нѣкоторыхъ кругахъ съ энтузіазмомъ, какъ какое-то откровеніе.

Этотъ, дѣлающій шагъ назадъ, трудъ *Браве* „Mémoire sur les polyédres de forme symètrique“, дѣлается источникомъ его особенной извѣстности; не говоря уже объ отзывахъ современниковъ (въ томъ числѣ одного изъ знаменитѣйшихъ математиковъ Коши), но даже въ позднѣйшее время попадаетъ въ циклъ достопримѣчательнѣйшихъ изданій „Ostwald's Klassiker der exacten Wissenschaften“, а въ 1896 году, когда онъ, особенно для Россіи, является окончательно устарѣвшимъ, появляется въ русскомъ переводѣ подъ названіемъ „Изслѣдованіе о многогранникахъ симметрической формы“ (переводъ съ предисловіемъ *Як. Самойлова*). И это трудъ, въ которомъ не дано отвѣта на самый первый вопросъ ученія о симметріи: что такое элементъ симметріи [5]).

Но это далеко не единственный по яркости примѣръ полнаго расхожденія оффиціальной кристаллографіи съ ея дѣйствительными успѣхами. Если мы обратимся къ ученію о структурѣ кристалловъ, то не говоря уже о рядѣ болѣе давнихъ трудовъ, сущность которыхъ излагается въ сочиненіи *Л. Зонке*. „Entwickelung einer Theorie der Krystallstructur“ (1879), но даже труды *Франкенгейма* и *Браве*, въ которыхъ выводились различные типы пространственныхъ рѣшетокъ [6]) долгое время оставались оффиціальной кристаллографіи совершенно неизвѣстными

---

[1]) На это указалъ Либишъ въ Zeitschrift für Krystallographie III. 28.

[2]) Въ Zeitschrift für Krystallographie, въ первомъ же томѣ этого главнаго международнаго журнала по кристаллографіи, появленіе котораго какъ бы знаменовало собою наступленіе новаго періода въ исторіи кристаллографіи.

[3]) „Выводъ всѣхъ кристаллографическихъ системъ и ихъ подраздѣленій изъ *одного общаго начала*“ (Зап. И. СПБ. Минералог. Общ. 4 стр. 112, но и это сочиненіе внушено замѣчаніемъ, сдѣланнымъ *Г. Н. Федоровымъ*; тамъ же стр. 180).

[4]) Hessel. Ueber gewisse merwürdige statische und mechanische Eigenschaften der Raumgebilde... Marburg 1862 стр. 4.

[5]) Въ самой послѣдней работѣ объ основахъ геометрическаго ученія о симметріи *А. К. Болдырева*. (Зап. И. СПБ. Минерал. Общ. *45* стр. 321), въ которой авторъ стремится обнять всю литературу по этому ученію, между прочимъ пропущена только-что упомянутая статья *Гесселя* (186 года), къ которой приложена таблица, весьма наглядно изображающая виды симметріи кристаллографіи. Къ сожалѣнію, *Гессель* весьма затруднилъ чтеніе своихъ трудовъ стремленіемъ избѣжать иностранныя слова и замѣнить ихъ чисто нѣмецкими.

[6]) Причемъ *Браве* внесъ нѣкоторую поправку въ выводѣ.

по крайней мѣрѣ до появленія учебныхъ руководствъ *Маллара*, послѣ которыхъ эти представленія быстро распространились, и краткое изложеніе появлялось даже въ болѣе обстоятельныхъ введеніяхъ къ курсамъ минералогіи [1]).

Впрочемъ, отмѣченнымъ здѣсь фактомъ рѣзкаго противорѣчія между оффиціальною кристаллографіей и дѣйствительнымъ ея состояніемъ, выражаемымъ совокупностью опубликованныхъ работъ, еще не устанавливается необходимость такого противорѣчія во всѣхъ періодахъ развитія науки и при всѣхъ обстоятельствахъ.

Въ данномъ случаѣ все-таки выступаютъ нѣкоторыя исключительныя условія, къ которымъ слѣдуетъ отнести не только тотъ рѣзкій переворотъ, которой связанъ съ ея преобразованіемъ изъ науки описательной въ точную физическую науку, но еще то обстоятельство, что первые шаги, сдѣланные въ направленіи, впослѣдствіи получившемъ большое развитіе, еще не достигали бросающихся въ глаза реальныхъ результатовъ въ непосредственныхъ приложеніяхъ кристаллографіи.

Между прочимъ, нужно полагать, что выводы о видахъ симметріи начали распространяться, хотя сначала и весьма медленно, лишь послѣ обработки вопроса *Гадолинымъ*, къ каковому времени минералогическій матеріалъ для ихъ примѣненія уже настолько обогатился, что приложеніе ихъ дѣйствительно получило практическій характеръ. Также успѣхи теоріи структуры кристалловъ стали получать нѣкоторое распространеніе, тоже весьма медленно, лишь тогда, когда оказались обработанными настолько, что также получили непосредственныя практическія примѣненія.

Не нужно быть пророкомъ, чтобы предвидѣть, что всѣ тѣ успѣхи кристаллографіи, связанные съ развитіемъ теоріи структуры кристалловъ, которые помогли намъ разрѣшить вопросъ о характеризующей каждый данный кристаллъ формѣ (выражаемой символомъ его комплекса), въ самомъ непродолжительномъ времени должны получить болѣе значительное распространеніе, по крайней мѣрѣ послѣ того, какъ будутъ на основаніи этихъ данныхъ составлены таблицы кристаллохимическаго анализа. Это побудитъ сдѣлать практическая необходимость, такъ какъ этимъ будетъ установленъ новый, и притомъ неизмѣримо простѣйшій, методъ химическаго анализа, методъ, совершенно независимый отъ сложности строенія химической частицы и потому тѣмъ болѣе цѣнный и незамѣнимый, чѣмъ сложнѣе это строеніе. Таблицы эти теперь только составляются; но трудно сомнѣваться, что окончаніе этого составленія есть дѣло ближайшаго времени. И вотъ тогда, когда это сравнительно небольшое дѣло будетъ окончено, и новый химическій анализъ войдетъ въ обыденный обиходъ научной жизни, ознакомленіе съ методами, приведшими къ этимъ практическимъ результатамъ, станетъ неизбѣжнымъ для болѣе широкаго круга спеціалистовъ.

Но и до окончанія составленія таблицъ и даже значительно раньше этотъ методъ былъ испытанъ [2]), такъ что начало его примѣненія въ жизни можно считать состоявшимся.

На этомъ примѣрѣ еще и еще разъ подтверждается то положеніе, что нѣтъ такой спекулятивной науки, которая въ концѣ концовъ не давала бы человѣку новой власти надъ природою. Въ самомъ дѣлѣ, что изъ области физическихъ наукъ можно было бы себѣ представить болѣе спекулятивно-отвлеченнымъ дѣломъ, какъ занятіе теоріей структуры кристалловъ, почти цѣликомъ поглощенной отвлеченными разсужденіями математическаго характера. Именно это обстоятельство отвращало большинство спеціалистовъ отъ вниманія въ эту область знанія, которая, казалось, имѣла дѣло не съ реальными явленіями, а именно съ теоретическими спекуляціями весьма отвлеченнаго характера; а въ результатѣ получаемъ неизмѣримо простѣйшее средство распознавать индивидуальность твердаго вещества, полученнаго въ видѣ удовлетворительныхъ кристалловъ.

Но, какъ видимъ изъ намѣченнаго здѣсь историческаго очерка послѣдняго періода кристаллографіи, результатъ весьма продолжительныхъ и напряженныхъ работъ выясняется лишь сравнительно поздно; это дѣлаетъ понятнымъ, почему сравнительно долгое время такая область знаній, находящаяся въ періодѣ своего интенсивнаго развитія, пользуется малымъ вниманіемъ спеціалистовъ современниковъ.

Но втеченіи такого періода важностью этой области знаній начинаютъ проникаться не только находящіеся во всеоружіи научныхъ методовъ и личныхъ способностей представители данной науки, но и лица, далеко этими средствами не обладающія и своими трудами какъ бы стремящіяся ходъ развитія отклонять отъ его истиннаго направленія, и тѣмъ только затруднить дѣло.

[1]) Даже такихъ слабыхъ какъ Минералогія Лаппарана (въ русскомъ переводѣ 1899 г.).

[2]) О чемъ мною сообщено въ этихъ Запискахъ на стр. 259. Добавлю къ сказанному тогда, что переданные химикомъ кристаллы іода считались имъ не за іодъ, а за какое то другое вещество, предположительно за іодистый углеродъ, и можетъ быть въ первый разъ кристаллографъ отвѣтилъ химику, что это не іодистый углеродъ, а іодъ, то есть опредѣлилъ составъ точнѣе, чѣмъ химикъ.

Въ извѣстный періодъ этого развитія, лица, углубляющіяся въ эту область, могутъ попасть въ затрудненіе при различеніи появляющихся въ научной литературѣ работъ того и другого характера. Но опять таки это затрудненіе вообще оспариваютъ лица, или недостаточно углубившіяся въ сущность рѣшаемыхъ вопросовъ и методовъ, примѣняемыхъ для этого рѣшенія, или просто недостаточно овладѣвшія самими методами, какъ орудіемъ такихъ подготовляемыхъ изслѣдованій. Если, какъ въ теоріи структуры кристалловъ, въ первый періодъ приходилось примѣнять главнымъ образомъ математическій методъ, то каждое лицо, стоящее на должной высотѣ математической подготовки, непосредственно усмотритъ логическую необходимость сдѣланныхъ шаговъ или, напротивъ, ихъ логическую несостоятельность и произвольность сдѣланныхъ предпосылокъ.

Но когда начинаютъ выясняться ближайшія практическія слѣдствія развиваемой теоріи, опредѣляется то, что именно даетъ въ руки власть надъ извѣстнымъ циклomъ явленій природы, то критерій правильности становится особенно осязательнымъ, потому что задача каждой науки именно достиженіе такой власти, а потому научно истинно то, что даетъ эту власть.

Какъ ни кажется очевидною невозможность опредѣлять индивидуальность твердаго вещества по наблюденной его формѣ, если сама форма устанавливается разными авторами различно и вообще оцѣняется субъективно и произвольно, однако все-таки можно ожидать возраженій на только что изложенное въ томъ смыслѣ, что всегда цѣлью кристаллоизмѣренія прежде всего было именно опредѣленіе минераловъ, и что даже этимъ методомъ пользовались для такого опредѣленія въ дѣйствительности.

Въ руководствѣ минералогіи Мосса (Mohs) подчеркивается какъ прогрессъ науки то обстоятельство, что прежде опредѣленіе минераловъ могло производиться лишь лицомъ, которое на продолжительномъ предъидущемъ навыкѣ уже успѣло самостоятельно ознакомиться со всѣми представленными въ природѣ минералами и, напротивъ, для него было недостижимо такое опредѣленіе, если оно видитъ минералъ въ первый разъ. Между тѣмъ какъ наступило время, когда такое опредѣленіе спеціалистъ можетъ дѣлать и по простымъ научно-литературнымъ источникамъ и притомъ одною изъ важныхъ данныхъ является описаніе его формы и характерные углы.

Этого конечно нельзя не признать. Однако ни самъ Моссъ и ни другіе минералоги, съ спеціальностью которыхъ до сихъ поръ связывалась и кристаллографія, ни помыслили объ иныхъ приложеній кристаллографіи, кромѣ какъ къ опредѣленію минераловъ. Во вторыхъ все-таки главнѣйшими методами для этого опредѣленія служило не опредѣленіе формы кристалловъ, а другіе пріемы въ числѣ которыхъ большую роль съиграло примѣненіе скалы твердости самого Мосса. Для минераловъ именно эти другіе методы имѣли тѣмъ большее значеніе, что въ преобладающемъ числѣ случаевъ приходится производить опредѣленіе минерала, даннаго не въ формѣ хорошо образованнаго кристалла Именно по этой причинѣ въ минералогіи преимущественное значеніе получили пріемы опредѣленія твердости, испытаніе предъ паяльною трубкою, констатированіе опредѣленныхъ физическихъ особенностей, частью улавливаемыхъ лишь глазомъ, получившимъ навыкъ, а въ послѣднія десятилѣтія особенное значеніе получили пріемы оптическихъ изслѣдованій.

Такимъ образомъ, въ томъ рѣдкомъ случаѣ, когда предлежитъ именно минералъ въ видѣ кристалла, то измѣреніе характернаго угла является только наиболѣе точнымъ средствомъ провѣрки сдѣланнаго опредѣленія.

Если принять при такомъ положеніи дѣла во вниманіе относительную важность опредѣленія формъ, какъ метода, то ее пришлось бы поставить чуть не на послѣднемъ мѣстѣ. Между тѣмъ, сейчасъ идетъ рѣчь объ этомъ методѣ, какъ важнѣйшемъ изъ всѣхъ имѣющихся для опредѣленія индивидуальности вещества.

Слѣдовательно, при прежнемъ положеніи дѣла опредѣленія минераловъ, дѣйствительно, на существо не имѣла значенія и правильность установки, такъ какъ характерные углы были не зависимы отъ этой установки; ея произвольность и перемѣнчивость только затрудняло дѣло въ томъ отношеніи, что становилось труднымъ отнесенія характерныхъ угловъ къ опредѣленнымъ гранямъ кристалла.

Можно предвидѣть, что даже и тогда, когда методъ кристаллохимическаго анализа получитъ широкое примѣненіе, по отношенію къ минераламъ онъ все-таки сохранитъ второстепенное значеніе, такъ какъ вообще можетъ быть приложенъ лишь къ такимъ природнымъ индивидамъ, которые встрѣчаются сравнительно рѣдко.

Самыми послѣдними и важнѣйшими успѣхами кристаллографіи нельзя не признать успѣхи, сдѣланные по опредѣленію структуры каждаго даннаго кристалла по его наблюдавшимся комбинаціямъ.

Къ сожалѣнію, главнѣйшія данныя для рѣшенія этого вопроса заключаются въ работахъ самыхъ послѣднихъ дней, и, въ частности, въ упомянутой выше работѣ Соколова и Артемьева.

Такимъ образомъ другіе представители наукъ еще не успѣли даже познакомиться съ этими трудами, и потому, въ дополненіе къ изложенному очерку, остается сказать лишь о попыткахъ открыть законности въ наблюдаемыхъ комбинаціяхъ или такъ называемыхъ законахъ развитія формъ (или иначе—законовъ компликаціи).

Едва ли не первое указаніе въ этомъ направленіи было сдѣлано Г. Юнгханномъ [1]). Онъ обратилъ вниманіе, что послѣ главнѣйшихъ граней вообще появляются болѣе узкія притупляющія грани, которыя въ кубическихъ кристаллахъ составляютъ прямыя притупленія и выражаются символами, коихъ индексы получаются прямымъ суммированіемъ индексовъ притупляемыхъ граней. Такъ какъ для другихъ видовъ сингоніи эти грани уже не составляютъ прямыхъ притупленій, то онъ называетъ ихъ кристаллономическими притупленіями [2]); этимъ какъ бы намѣчался порядокъ важности граней, которыя отъ суммированія индексовъ предъидущихъ получаются съ болѣе сложными символами и одновременно теряютъ въ своемъ значеніи. Если иногда такія грани въ кубическихъ кристаллахъ и являются въ видѣ прямыхъ притупленій, то уже слѣдующія за ними вторичныя притупленія никоимъ образомъ не будутъ притупленіями прямыми, хотя и могутъ быть отнесены къ притупленіямъ кристаллономическимъ.

Онъ намѣтилъ заранѣе фактъ, что пояса могутъ соединяться въ группы поясовъ, пересѣкающихся въ одной общей парѣ граней; но какъ эти, такъ и иныя его опытныя указанія имѣютъ весьма узкое примѣненіе, такъ какъ основаны на изолированныхъ опытныхъ указаніяхъ.

Въ этомъ отношеніи значительный шагъ впередъ дѣлаетъ попытка В. Гольдшмидта найти законность въ развитіи граней одного пояса [3]), выдѣливъ особыя по значенію грани, которыя онъ называетъ узловыми (имѣя въ виду гномоническую проекцію, онъ вообще замѣняетъ грани представляющими ихъ точками, въ частности и узловыми точками).

Имѣя символы такихъ выдающихся граней, можно составить важнѣйшіе символы другихъ граней пояса, составляя ихъ индексы посредствомъ простѣйшихъ чиселъ изъ индексовъ узловыхъ граней.

Однако, хотя такая формулировка и представляетъ расширеніе концепціи о порядкѣ важности граней но въ ней очень много неопредѣленнаго и субъективнаго, начиная съ самого понятія объ узловыхъ граняхъ.

Авторъ этого очерка прежде всего расширилъ эту концепцію въ томъ отношеніи, что узловыя грани дѣйствительно можно принять, но не въ числѣ двухъ для каждаго пояса, а какъ исходныя грани въ каждомъ періодѣ развитія формъ, и положеніе такихъ граней прежде всего должно удовлетворять тому условію, чтобы детерминантъ, составленный изъ индексовъ трехъ такихъ граней, равнялся 1—цѣ [4]). Тогда мы въ гномонической проекціи получаемъ изъ нихъ трехугольникъ нѣкотораго періода, и въ немъ нѣкоторую точку, выражающую грань, индексы которой получаются изъ суммированія индексовъ всѣхъ трехъ исходныхъ граней [5]). Но уже съ появленіемъ второй части Theorie der Krystallstructur и особенно въ третьей части этого сочиненія [6]), а также изъ статьи Neue Krystallographie und Theorie der Krystallstructur [7]) доказывается, что сущность закона развитія формъ основывается не на простомъ какомъ либо законѣ арифметическаго вывода болѣе сложныхъ индексовъ изъ простыхъ, но обусловливается порядкомъ плотности сѣтокъ пространственной рѣшетки, а этотъ порядокъ для различныхъ видовъ структуры различенъ, хотя эти плотности и очень легко разсчитываются.

И въ дальнѣйшемъ идетъ рядъ статей, въ которыхъ усовершенствуется этотъ выводъ порядка опредѣленія вывода плотности сѣтокъ, а слѣдовательно и опредѣленія плотностей вообще, и, можно сказать, упомянутая статья Соколова и Артемьева завершаютъ этотъ циклъ выводовъ, до конца раскрывая всю простоту рѣшенія этого вопроса графическимъ путемъ.

Уже первыя работы этого ряда вызвали появленіе такихъ работъ, какъ напр., Untersuchungen über die Entwickelung der Krystallflächen im Zonenverbande Баумгауера [8]), въ которыхъ авторы разбираютъ отдѣльные примѣры развитія формъ въ поясахъ и приходятъ къ выводамъ, не согласнымъ съ выводами тѣхъ авторовъ, которые выходили въ своихъ раз-

---

[1]) Ein einfaches Gesetz für die Entwickelung und die Gruppirung der Krystallzonen (Poggendorf's Annalen 151 68).

[2]) Въ своихъ Studien über die Geometrie der Kristalle (Neues Jahrb. für Mineral. 1882. I. Beilageb.) онъ даетъ способы вычисленія этихъ граней.

[3]) «Ueber die Entwickelung der Krysfallformen» Zeitschrift ür Krystallographie 28.

[4]) Zeitschrift für Krystallographie 32. 446.

[5]) Это подробнѣе развито въ дальнѣйшихъ статьяхъ подъ общимъ заглавіемъ „Beiträge zur zonalen Krystallographie", особенно въ пятой (тамъ же 35 24).

[6]) Тамъ же 36 208, 40 529.

[7]) Тамъ же 37 22.

[8]) Тамъ же 38 628.

сужденіяхъ не изъ порядка плотностей сѣтокъ, а изъ допущенія опредѣленныхъ законностей въ самихъ числахъ; въ крайнемъ видѣ это направленіе выразилось въ сочиненіяхъ *V* Goldschmidt'a „Ueber Harmonie und Complication" (Berlin 1901) „Ueber Harmonie im Weltraum" (1908).

Въ упомянутомъ сочиненіи Баумгауера разсматривается рядъ сильно положительныхъ комплексовъ (іорданита, дюфрензита и баумгауерита) съ сильно развитымъ главнымъ пинакоидомъ и почти одинаковою частостью проявленія нѣкоторыхъ другихъ формъ какъ съ болѣе простыми, такъ и съ болѣе сложными символами, словомъ какъ разъ тотъ выводъ, который какъ выводъ общаго значенія изъ теоріи структуры кристалловъ, согласный съ опытными наблюденіями изложенъ въ особой замѣткѣ на стр. 344. Именно для такихъ кристалловъ характерно столь неправильное распредѣленіе символовъ по ихъ сложности, что вполнѣ видно и изъ данныхъ, приводимыхъ Баумгауеромъ. Кромѣ того, нужно имѣть въ виду, что этотъ авторъ еще не воспользовался объективнымъ критеріемъ для правильной установки; напр. типичный гипогексагональный іорданитъ онъ отмѣчаетъ символами кубическихъ комплексовъ, почему вообще онъ получаетъ слишкомъ сложные индексы. Это относится и къ другимъ его работамъ.

Наконецъ, какъ въ этой, такъ и въ другихъ работахъ, особенно въ работѣ о развитіи формъ въ сѣрѣ и анатазѣ [1]) онъ изыскиваетъ преимущественно кристаллы съ особымъ обиліемъ комбинацій, то есть по существу имѣетъ дѣло съ болѣе рѣдкимъ и, слѣдовательно, имѣющимъ меньшее научное значеніе матеріаломъ, такъ какъ, согласно совокупности опытныхъ данныхъ, законы развитія формъ въ наибольшей рельефности проявляются лишь на самыхъ важнѣйшихъ граняхъ то есть представленныхъ въ самомъ ограниченномъ числѣ и совершенно стушевываются, когда уменьшается различіе въ ихъ плотностяхъ сѣтокъ и на первый планъ выступаютъ случайныя условія кристаллизаціи.

Въ заключеніе, слѣдовало бы отмѣтить и указанія на несогласіе съ опытомъ выводовъ, сдѣланныхъ по отношенію къ законамъ развитія формъ, если бы таковыя не были плодомъ простого недоразумѣнія Сюда я отношу указаніе Я. В. Самойлова въ статьѣ „Къ вопросу о многогранникахъ роста изоструктурныхъ тѣлъ" [2]), въ которой, приписывая главнѣйшимъ формамъ кристалловъ группы барита и изоструктурныхъ съ нимъ символы (110), (102) и (011) и не входя въ разборъ ни истинной структуры трехъ кристалловъ, ни ихъ истинныхъ символовъ, онъ какъ бы просто отмѣчаетъ несоотвѣтствіе этихъ формъ выведеннымъ законамъ развитія. При этомъ онъ еще не могъ имѣть въ виду спеціальный разборъ этого случая, сдѣланный авторомъ въ этомъ томѣ на стр. 327 и слѣд., представленный къ напечатанію почти одновременно съ его замѣткою.

---

[1]) Centralblatt für Mineral. usw. 1903. 665.

[2]) Извѣстія И. Академіи Наукъ 1908. стр. 1312.