

МИНЕРАЛОГИЯ

Л. А. Варданян

Об аномальной оптической двуосности минералов

В оптической кристаллографии и минералогии мы имеем дело с тремя категориями понятий и физических объектов.

Первая категория, это—теоретические соотношения симметрии кристалла и его оптических свойств, а именно: оптическая изотропность у кристаллов кубической сингонии, одноосность у кристаллов тетрагональной, гексагональной и тригональной сингоний, и двуосность в остальных сингониях.

Вторая категория, это—уникальные, прекрасно сформированные кристаллы, внешняя форма которых и некоторые физические свойства совпадают, в пределах точности измерений, с нормами, требующимися в кубической, тетрагональной, гексагональной и тригональной сингониях.

Третья категория, это—бесчисленное множество индивидов каждого минерала в составе тех или иных горных пород. При этом почти во всех случаях устанавливаются более или менее существенные отклонения от изотропности или одноосности, поддающиеся измерению посредством даже мало точных приборов.

Физические объекты второй категории далеко не тождественны объектам того же минерала третьей категории. Так, например, уникальный, по чистоте, монокристалл оптического горного хрусталя ни в коем случае не может считаться тождественным обыкновенному (мутному, нечистому химически, переполненному включениями и волнисто погасающему) кварцу горной породы. Поэтому абсолютно недопустим механический перенос теоретических закономерностей первой категории на все физические объекты третьей категории, тем более, если не может быть доказана возможность и допустимость такого переноса даже на объекты второй категории.

Из числа теоретически одноосных минералов наиболее детально изучена оптическая разность горного хрусталя, в которой можно было бы предполагать наличие точной оптической одноосности и полного постоянства физических констант. Но вопреки такому предположению, многочисленные исследования, произведенные посредством сверхточных приборов, показали непостоянство свето- и дву-преломления в однородных сечениях разных участков даже одного и того же кристалла оптического горного хрусталя. При этом ко-

лебания в значениях констант, выражающиеся в единицах шестого, а порой и пятого десятичного знака, превышают возможную ошибку приборов и методов исследования.

Поскольку такие исследования оптического горного хрусталя производились на основе идеалистической предпосылки (постулата тождественного символу веры), что он безусловно в точности одноосен, постольку признавалось излишним проверить кристаллы на двуосность и выяснить источник и причины отклонения в результатах измерений. Показателем этого служит то, что исследователи с полной самоуверенностью уравнивали получающиеся неувязки, относя их на счет только погрешностей измерений.

Таким образом, методика подобных, даже и сверхточных оптических исследований горного хрусталя уже сама по себе содержала элемент порочности, так как исключала всякую возможность обнаружения в нем двуосности. Между тем, даже и в том случае, когда ошибка в определении разности светопреломления по двум взаимно перпендикулярным направлениям в экваториальном сечении кристалла не превышает столь малой величины, как $0,000001$, почти недоступной даже с наиболее точными приборами, мы не можем ручаться за истинную одноосность исследуемого кристалла горного хрусталя, так как за этой ошибкой может скрываться двуосность с углом оптических осей больше полуградуса. Более же вероятная ошибка около $0,00001$, будет маскировать угол оптических осей уже около двух градусов.

Говоря иначе, идеальная, математически точная одноосность физического кристалла вообще недоказуема, так как для установления наличия такой одноосности нужны были бы совершенно безшибочные приборы и методы определения физических констант, позволяющие измерить нуль и подтвердить абсолютное равенство тождество двух отдельных физических объектов.

Это обстоятельство, т. е. принципиальная невозможность доказать истинную оптическую одноосность, а также и изотропность физического кристалла даже и в том случае, если бы они были действительно таковыми, остается у минералогов и кристаллографов без должного внимания. Следствием этого является традиционное повторение унаследованных с прошлых веков метафизических формулировок в характеристиках минералов и их констант.

Ошибочным является также и твердо укоренившееся представление, что оптическими методами будто бы можно констатировать одноосность минерала. При этом забывают, что в таких случаях объектом измерения может служить только угол оптических осей. Картина же одноосности возникает тогда, когда оказывается невозможным увидеть и измерить этот угол, т. е. когда $0^\circ < 2V < A^\circ$, где A° —угловое значение слепой зоны применяемого метода. Следовательно, то, что называют одноосностью, показывает в действитель-

ности лишь невозможность измерить угол оптических осей, но вовсе не то, что он равен нулю.

Методы исследования физических объектов третьей категории гораздо менее точны, чем для объектов второй категории, и характеризуются очень широкой слепой зоной, внутри которой двуосный кристалл не отличим от одноосного. Для коноскопического и федоровского методов ширина слепой зоны такова, что обнаружение двуосности становится возможным при двупреломлении около 0,01, как у кварца, когда угол оптических осей не менее $14-18^\circ$, при двупреломлении около 0,04, как у слюды, когда угол осей не менее $6-8^\circ$, и даже при двупреломлении 0,17—0,20, как у карбонатов, сфена и т. п., если угол оптических осей не менее $3-4^\circ$.

У всех теоретически одноосных минералов в физических объектах третьей категории нередко наблюдается ясная двуосность, с углом оптических осей, например, у кварца в 18° , у кальцита—около 30° , и т. д. Соответствующие указания можно найти во всех, достаточно полных руководствах и справочниках по минералогии. Характерно при этом то, что указываются только лишь такие, относительно очень большие значения угла оптических осей, и нет сведений о том, были ли обнаружены и более низкие значения, в том числе и близкие к нулевым, и если да, то насколько часто.

Совершенно невероятно, чтобы у кварца угол оптических осей имел, как правило, только два значения: либо нуль, либо 18° , так же и у кальцита, либо нуль, либо 30° , и т. д. Несомненно, что у всех минералов, обладающих оптическими аномалиями, должны существовать и другие значения двуосности, промежуточные между нулем и уже наблюдавшимися ее наибольшими значениями.

В этих условиях удельное значение двуосности, как характеристика данного минерала, может быть определено лишь тогда, когда будет исследован детально весь диапазон аномальной двуосности, и после того как полученные материалы будут обработаны методом вариационной статистики. До сих пор это было невозможно, так как слепая зона всех, широко применяющихся методов исследования объектов третьей категории закрывает почти полностью весь диапазон их аномальной двуосности.

В связи с этим мы располагаем в настоящее время только такими фактами, которые при строго научной и идеологически правильной постановке вопроса позволяют дать для объектов третьей категории, т. е. для физических кристаллов в горных породах, оптическую их характеристику лишь в виде двойного неравенства. Например, для кварца такая характеристика выразится неравенством $0^\circ < 2V < 18^\circ$, для апатита— $0^\circ < 2V < 30^\circ$ и т. п. Замена таких неравенств идеалистической формулой $2V = 0^\circ$, еще практикующаяся в современной минералогии, является в научно-философском отношении ошибочной и недопустимой.

Еще в 1941 г. нами [1] было обращено внимание на то, что у

физических кристаллов тетрагональной, гексагональной и тригональной сингоний нужно считать аномалиями, повидимому, не отклонения от теоретических норм, но наоборот, совпадение с ними, которое может осуществляться лишь при особо благоприятных условиях кристаллообразования. Вместе с тем было указано на необходимость изменить принятые сейчас в минералогии оптические характеристики минералов, заменив их такими, которые правильно отражали бы реально существующие в природе соотношения. Например, для кварца нами была предложена следующая формулировка его оптической характеристики: «кварц является минералом теоретически одноосным, в действительности же он почти всегда двуосев, причем угол этот в большинстве случаев не выходит из пределов $14^\circ \pm 6^\circ$ и поэтому обычными методами исследования не может быть констатирован и измерен [1, стр. 18].

Общая характеристика явления оптических аномалий и их причина была сформулирована нами в следующем виде: «Во всех этих случаях общим является то, что минерал переходит от более высокой симметрии к более низкой, где ему путем небольших отклонений и изменений индикатрисы, не имеющих принципиального значения, очень легко компенсировать те или иные натяжения в кристаллической решетке, возникающие в связи с химической нечистотой минерала, в связи с воздействием внешней среды и в связи с изменением температуры и давления» [1, стр. 19].

Наша точка зрения первоначально вызвала сильные возражения, но несколько позже в печати появились высказывания, по смыслу их, вполне тождественные нашим. В качестве примера приведем выписку из книги В. Б. Татарского, опубликованной в 1949 г. [2, стр. 173–174].

«Достаточно самой незначительной деформации кругового сечения, чтобы угол оптических осей приобрел заметную величину (особенно в кристаллах со слабым двупреломлением). Поэтому можно думать, что если бы методы, позволяющие констатировать двуосность, были более чувствительными, то большинство одноосных кристаллов давало бы небольшой, а слабо двупреломляющие — и довольно значительный угол оптических осей... Разного рода включения в оптически изотропных кристаллах также вызывают напряжения, которые могут привести к возникновению аномального двупреломления... К этой категории оптически аномальных кристаллов примыкает другая, в которой аномалии обуславливаются напряжениями, причина которых лежит в самой решетке кристаллов... Эти кристаллы представляют собой изоморфные смеси. Напряжения в них возникают вследствие замены в решетке части ионов другими, отличающимися от первых по объему».

В. Б. Татарский не упоминает наших работ по этому же вопросу, но его высказывания, имеющие совершенно тот же смысл, что и в наших работах, можно расценить лишь как признание принци-

пильной правильности нашего вывода о том, что физические кристаллы почти всегда должны быть „аномальными“, т. е., что их физические свойства могут быть более или менее близкими к тем или иным теоретическим нормам, но почти никогда не будут точно совпадать с ними. Теоретические нормы играют здесь роль ассимптот, определяющих крайний предел значений констант физического кристалла.

Подобная постановка вопроса, как более правильно отражающая соотношения и закономерности, реально существующие в природе минералов, имеет очень существенное значение и для дальнейшего развития науки о минералах. Указывая без всякой маскировки на широкую распространенность так называемых аномалий и утверждая, вместе с тем, идею о их нормальности в природных условиях, эта постановка вопроса требует также проведения соответствующих исследовательских работ для полного и точного изучения путей и способов возникновения таких аномалий.

Для современной техники, все в большей степени использующей свойства кристаллов, связанные с внутренним их строением, и все в большей мере применяющей искусственно изготовляемые кристаллы, это имеет несомненно очень существенное значение.

К сожалению, в широких кругах минералогов еще до сих пор господствуют старые традиции, в связи с чем даже в новейших изданиях продолжают приводиться безо всяких оговорок прежние, идеологически неправильные характеристики минералов. Одной из задач современной минералогии нужно признать замену устарелых, притом идеалистических характеристик минералов новыми, более правильно отражающими действительность и, вместе с тем, удовлетворяющими требованиям диалектического материализма.

Институт геологических наук
АН Армянской ССР

Поступило 4 III 1953

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Варданянц Л. А. Проблема оптической двуосности одноосных минералов. Записки Всеросс. Минералог. Общ., часть 70, вып. 1, 1941.
2. Татарский В. Б. Кристаллооптика и иммерсионный метод определения вещества, 1949.

Լ. Ա. Վարդանյանց

ՄԻՆԵՐԱԼՆԵՐԻ ՕՊՏԻԿԱԿԱՆ ԱՆՈՄԱԼ ԵՐԿԱՌԱՆՑՔԱՅՆՈՒԹՅԱՆ ՄԱՍԻՆ

Ա Մ Փ Ո Փ Ո Ւ Մ

Բյուրեղագիտությունը և հանքաբանությունը դարձ ունեն հասկացողությունների ու ֆիզիկական օրենքների երեք կատեգորիաների հետ: Դրանցից առաջին կատեգորիան՝ դա սիմետրիան է և բյուրեղի՝ նրան համադրատասիանող հատկությունները, երկրորդը — հրաշալի կազմված ունիկալ բյուրեղները, և երրորդը — լեռնային ապարների կազմում միներալների անհատների անթիվ բազմությունը:

Առհասարակ հնարավոր չէ ապացուցել նույնիսկ այն, որ առաջին կատեգորիայի օբյեկտները ճշտորեն պահպանվում են երկրորդ կատեգորիայի օբյեկտներում: Առավել ևս նրանք չեն կարող պահպանվել երրորդ կատեգորիայի օբյեկտներում, որոնք ոչ մի դեպքում նույնական չեն նույն միներալի երկրորդ կատեգորիայի բյուրեղներին: Օրինակ՝ լեռնային բյուրեղապակին ցուցաբերում է մի շարք օպտիկական խոտորումներ, իսկ կվարցը սովորաբար պարզորոշ երկառանցքային է: Բայց և այնպես՝ վերջինս համարվում և նկարագրվում է որպես անսոսնային միառանցքային միներալ: Նույնը տեղի ունի նաև գրեթե բոլոր միառանցքային միներալների մոտ:

Այդ կարգի իդեալիստական բնութագրերը սովորական են ժամանակակից հանքաբանության մեջ: Դրա հետևանքն այն է, որ օպտիկական անոմալ երկառանցքայնությունը մինչև այժմ մնում է առանց մանրադիտակ հետազոտության, թեև այդպիսի միներալների համար նրանց իսկական օպտիկական բնութագիրը որոշվում է միայն նրանց օպտիկական առանցքների անկյան միջին արժեքով:

Իր հոդվածներից մեկում (1941) հեղինակը արդեն ուշադրություն է դարձրել այդ հանգամանքի վրա: Քանի որ վերջին տարիների ընթացքում նույնպիսի գաղափարներ հրապարակել է նաև Վ. Բ. Տատարսկին, ուստի կարելի է արդեն ընդհանուր առմամբ ընդունված համարել հեղինակի այն եզրակացությունը, որ միառանցքային միներալների երրորդ կատեգորիայի ֆիզիկական բյուրեղների համար անոմալ երևույթ է հանդիսանում նրանց միառանցքայնությունը և ոչ թե երկառանցքայնությունը: