

Л. А. Варданянц

Член-корреспондент АН Арм. ССР

Способ исследования двуосности минералов при малом угле оптических осей

Минералы с малым углом оптических осей ведут себя при conoscopическом исследовании как одноосные минералы и с помощью этого метода, в обычной простой его форме, не удастся обнаружить в таких минералах их оптическую природу. Обычный федоровский метод также не дает возможности установить такую двуосность, ибо сечение индикатрисы, перпендикулярное к острой биссектрисе, ведет себя так же, как и экваториальное сечение одноосных минералов, в связи с чем в этом сечении не удастся найти обычным способом ось Nm и тупую биссектрису.

Предельное значение угла оптических осей, при котором двуосность еще может быть установлена этими двумя методами, определяется достаточно точно по уравнению

$$\sin V = \sqrt{\frac{0,0002}{Ng - Np}} \quad (1)$$

где величина 0,0002 в числителе подкоренного выражения соответствует тому наименьшему двупреломлению исследуемого сечения, которое при обычной толщине шлифа в 0,027—0,030 мм дает разность хода лучей в 6 мк, а эта разность хода лучей является тем нижним пределом, который еще может быть уловлен человеческим глазом (для разных людей этот предел может меняться от 5 до 8 мк. См. также В. Н. Лодочников, [1]).

Сделав подсчеты по уравнению (1), мы найдем, что при $Ng - Np \approx 0,006$ предельное значение угла $2V$ близко к 21° ; при $Ng - Np \approx 0,01$ оно близко к $16-17^\circ$; при $Ng - Np \approx 0,04$ предельное значение угла $2V$ равно около 8° , и т. д. Близкое к этому значение предельного угла оптических осей указывает также и В. Н. Лодочников: „в шлифах обычной толщины: 1) угол $2V$, меньший 20° , у санидинов ($Ng - Np = 0,007$) измерить не удастся и такие санидины кажутся на федоровском столике одноосными; 2) при недостаточной внимательности могут показаться одноосными даже некоторые анортоклазы ($Ng -$

$Np=0,007$) с углом $2V=-35^\circ$; 3) только при внимательном наблюдении можно с полной уверенностью не только заметить, но и измерить угол $2V=+25^\circ$ у силлиманита; . . . 5) никогда не обнаруживается аномальная двуосность—достаточно частая, например, у кварца или таких иногда бывающих аномально двуосными, минералов, как апатит, нефелин, циркон и т. д.*

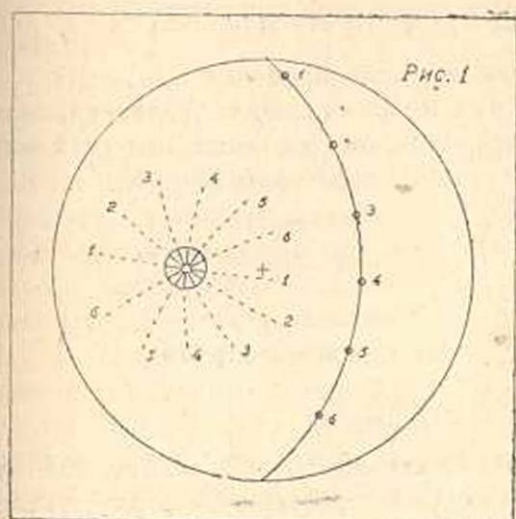
Все же распознавание двуосности и определение приблизительного значения угла $2V$ в таких случаях вполне возможно, если угол этот не меньше половины или двух третей указанного выше предельного его значения при том или ином двупреломлении. Соответствующим способом автор пользуется с полным успехом уже более 10 лет.

Способ этот заключается в следующем. На федоровском столике обычными приемами определяем с наибольшей возможной точностью острую биссектрису и перпендикулярное к ней главное сечение индикатрисы. Для этого, как и в одноосном минерале, либо находим эту биссектрису путем ее совмещения с главной горизонтальной осью (ось восток—запад) федоровского столика, либо же, если такое совмещение невозможно (когда острая биссектриса составляет с нормалью к шлифу угол меньше $30-35^\circ$), находим несколько перпендикулярных к острой биссектрисе векторов, которые определяют нужное нам сечение индикатрисы. Найдя 6—10 шт. таких векторов, прочерчиваем на диаграмме плоскость, перпендикулярную к острой биссектрисе, а затем находим и самую биссектрису, как полюс этой плоскости. После этого выбираем в этом сечении (перпендикулярном к острой биссектрисе) ряд векторов через интервалы в $15-25^\circ$, и затем совмещая каждый из этих векторов с осью восток—запад федоровского столика, исследуем их как ось Nm , т. е. в диагональном положении федоровского столика наклоняем шлиф к себе и от себя так, чтобы острая биссектриса прошла через центр поля зрения. При этом отмечаем помощью отсчетов в дуговых градусах продолжительность затемнения исследуемого зерна минерала и наносим на диаграмму векторы, соответствующие началу и концу затемнения.

Если у исследуемого минерала угол $2V$ меньше половины приведенных выше предельных его значений, то все такие дуги, пересекающие ореол затемнения, окружающий острую биссектрису, будут почти равными (как и у одноосного минерала). Поэтому ореол затемнения, окружающий острую биссектрису, будет очень близок к кругу (рис. 1). Если же угол $2V$ близок к его предельному значению, определяемому коноскопическим или федоровским методом (см. выше), то дуги, пересекающие ореол затемнения, будут иметь разную длину и их концы оконтурят фигуру, подобную восьмерке (рис. 2), у которой ширина сжатого пояса обратно пропорциональна величине угла $2V$. Когда этот угол достигает своего предельного зна-

чения, восьмерка разделяется на два самостоятельных ореола затенения около каждой оптической оси.

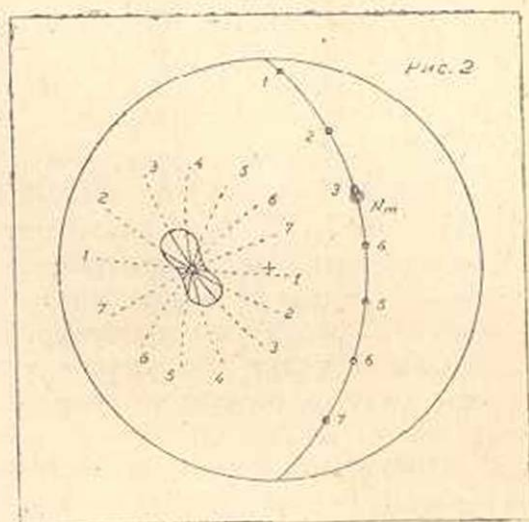
Получив фигуру восьмерки, прочерчиваем ее длинную ось и в полюсе соответствующей дуги большого круга находим ось Nm, а затем без труда можем найти местонахождение и тупой биссектрисы, отстоящей в 90° как



от оси Nm, так и от острой биссектрисы. После этого рекомендуется сделать следующее контрольное наблюдение. Во-первых, совмещаем найденную ось Nm с осью восток—запад федоровского столика и обычным способом (при диагональном положении столика) проверяем оптические оси, наблюдая с наибольшей внимательностью характер изменения угасания при вращении шли-

фа около оси Nm. Обычно вполне ясно улавливаются две волны наибольшей темноты, до и после прохождения острой биссектрисы через оптическую ось микроскопа. Эти волны наибольшей темноты соответствуют оптическим осям минерала. Во-вторых, совмещаем с осью восток—запад федоровского столика тупую биссектрису и опять проверяем характер изменения угасания. В этом случае наблюдается только одна, притом очень короткая волна темноты, совпадающая с моментом совмещения острой биссектрисы с осью микроскопа.

Найденное таким способом местонахождение оси Nm и тупой биссектрисы является лишь приблизительным, так как



фигура восьмерки только в редких случаях получается вполне правильной. Ошибка в положении этих осей может достигать даже

5—10°, считая по дуге, соответствующей главному сечению индикатрисы, перпендикулярному к острой биссектрисе.

После того как построена фигура восьмерки, можно определить приблизительное значение угла $2V$ с помощью следующего уравнения:

$$2V = \sqrt{2(A+B)(A-B)} = \sqrt{2(A^2-B^2)} \quad (2)$$

где A —большая, а B —меньшая полуоси восьмерки.

Уравнение (2) выводится из следующих двух уравнений, определяющих довольно точно теоретическое значение полуосей восьмерки, при некотором данном угле $2V$ и разности $Ng-Np$.

$$\sin^2 A = \frac{0,0002}{Ng-Np} + \sin^2 V; \quad \sin^2 B = \frac{0,0002}{Ng-Np} - \sin^2 V, \quad (3, 4)$$

где величина 0,0002 та же, что и в уравнении (1).

Вычитая эти уравнения одно из другого, получим:

$$\sin^2 A - \sin^2 B = 2 \sin^2 V.$$

Поскольку углы A и B малы, меньше 10—12°, можно заменить синусы дугами, и уравнение получит простейшую форму, указанную выше (см. уравнение 2).

Применяя уравнения (3 и 4) к минералам, у которых $Ng-Np \cong 0,006$ (как у санидина, апатита, нефелина и т. п.), мы получим следующие значения полуосей восьмерки:

$2V = 0^\circ$	$A = 10^\circ 30'$	$B = 10^\circ 30'$
$2V = 5^\circ$	$A = 10^\circ 50'$	$B = 10^\circ 13'$
$2V = 10^\circ$	$A = 11^\circ 40'$	$B = 9^\circ 15'$
$2V = 15^\circ$	$A = 13^\circ$	$B = 7^\circ 20'$
$2V = 20^\circ$	$A = 14^\circ 30'$	$B = 3^\circ 20'$
$2V = 21^\circ$	$A = 15^\circ$	$B = 0^\circ$

У минералов с $Ng-Np \cong 0,009$ (как у кварца и т. п.) полуоси восьмерки будут равны:

$2V = 0^\circ$	$A = 8^\circ 35'$	$B = 8^\circ 35'$
$2V = 5^\circ$	$A = 8^\circ 57'$	$B = 8^\circ 10'$
$2V = 10^\circ$	$A = 9^\circ 55'$	$B = 6^\circ 57'$
$2V = 15^\circ$	$A = 11^\circ 27'$	$B = 4^\circ 5'$
$2V = 16^\circ 20'$	$A = 12^\circ 10'$	$B = 0^\circ$

У минералов с $Ng-Np \cong 0,04$ (слюды, турмалины и т. п.) получим:

$2V = 0^\circ$	$A = 4^\circ$	$B = 4^\circ$
$2V = 5^\circ$	$A = 4^\circ 45'$	$B = 3^\circ 10'$
$2V = 8^\circ$	$A = 5^\circ 40'$	$B = 0^\circ$

У минералов с $N_g - N_p \approx 0,1$ (циркон и т. п.) будем иметь:

$$\begin{array}{lll} 2V=0^\circ, & A=2^\circ 30', & B=2^\circ 30' \\ 2V=5^\circ, & A=3^\circ 40', & B=0^\circ \end{array}$$

Результаты этих подсчетов представлены на общей диаграмме (рис. 3).

Практика многочисленных измерений, сделанных автором с помощью способа, описанного в данной статье, показала, что фигура восьмерки ореола затемнения около острой биссектрисы ясно отличима от круга лишь в том случае, когда отношение полуосей восьмерки равно A :

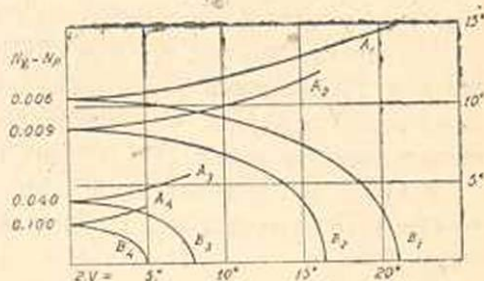
$B \geq 1,5$. При меньших значениях этого отношения трудно быть уверенным в том, что неправильный контур ореола затемнения обозначает именно фигуру восьмерки, а не обусловлен какими-либо иными причинами, в том числе и случайными ошибками наблюдения.

Применяя это к минералам с разным двупреломлением, мы получим с помощью приведенной выше диаграммы (рис. 3) следующие предельные значения угла $2V$, определяемого по способу, описанному в этой статье.

При $N_g - N_p \approx 0,006$	$2V \geq 12^\circ$	или $2V \geq 14^\circ$
" $N_g - N_p \approx 0,009$	$2V \geq 10^\circ$	или $2V \geq 11^\circ$
" $N_g - N_p \approx 0,040$	$2V \geq 5^\circ$	или $2V \geq 6^\circ$
" $N_g - N_p \approx 0,1000$	$2V \geq 3^\circ$	

Некоторое осложнение и искажение картины при пользовании данным способом может внести имеющаяся во всех микроскопах незначительная анизотропия оптических линз и, кроме того, будут оказывать влияние явления, усложняющие прохождение поляризованного света через наклонно расположенный шлиф. Это искажающее влияние можно в значительной степени исключить, если проводить исследование при двух разных положениях шлифа на федоровском столике, отличающихся на 90° одно от другого, а также используя оба диагональных положения столика. Во всяком случае, десятилетний опыт работы автора показывает, что влиянием таких усложняющих явлений можно пренебрегать, если отношение полуосей восьмерки не спускается ниже указанного предела, т. е. если $A:B \geq 1,5$, тем более что способ этот дает для угла $2V$ лишь приблизительное значение. Ошибка отдельного измерения может быть иногда довольно большой, до 25—30%, и более.

Рис. 3



С помощью этого способа автором были исследованы некоторые минералы, в том числе санидины, описанные до сих пор как почти одноосные, и кварц горных пород. В санидинах удавалось получать решения вполне ясные со значением $2V \geq -14^\circ$; неясные решения соответствовали значению $2V \approx -12^\circ$, и ни разу не удалось получить для $2V$ более низких значений, чем $10-12^\circ$, ибо ореол затемнения становился уже неотличимым от круга, и в таких случаях минерал можно было толковать и как одноосный. Картина двусосности получалась систематически и для кварца, причем здесь все ясные решения давали значения $2V \geq +12^\circ$, и ни разу не было получено для $2V$ значения более низкого, чем $8-10^\circ$. На этом основании можно сделать вывод, что для санидина ($Ng-Np=0.006$) слепая зона данного способа равна $2V \leq 10^\circ$ (12°), а для кварца ($Ng-Np=0.009$) $2V \leq 8^\circ$ (10°). В пределах этой слепой зоны фигура ореола затемнения и у одноосных и у двусосных минералов будет неотличимой от круга.

Проверка эта показала вместе с тем, что способ исследования двусосности, описанный в данной статье, несмотря на его малую точность и некоторую грубость, все же может с полным успехом применяться для качественного определения двусосности и для приближенного измерения угла оптических осей в двусосных минералах с малым углом этих осей и в аномально двусосных минералах.

Поступило 15 VII 1946

ЛИТЕРАТУРА

Лодочников, В. Н.—Несколько замечаний по поводу применения микроскопического метода Е. С. Фелорова. Записки Всесоюзного Минералогического Общества, часть 69, № 2—3, 1940.

Լ. Ա. Վարդանյանց

Հայկական ՍՍՏ ԳԱ քրակից անդամ

ՕՊՏԻԿԱԿԱՆ ԱՌԱՆՑՔՆԵՐԻ ՓՈՔՐ ԱՆԿՅԱՆ ԴԵՊՖՈՒՍ ՄԻՆԵՐԱԼՆԵՐԻ ԵՐԿԱՌԱՆՑՔԱՅԻՆՈՒԹՅԱՆ ՀԵՏԱՀՈՏՄԱՆ ՆՈՐ ԵՂԱՆԱԿ

Ա. Մ. Փ Ո Փ Ո Ւ Մ

Օպտիկական առանցքների փոքր անկյուն ունեցող միներալները կոնսոկոպիկ և ֆեոդորովյան սովորական մեթոդներով հետազոտելու դեպքում հանդես են գալիս որպես միաառանցքայիններ, որի կապակցությամբ նրանց երկառանցքայնությունը որոշել չի հաջողվում։ Այս մեթոդներով տարբերվող $2V$ անկյան ստորին սահմանը որոշվում է հետևյալ հավասարումով՝

$$\sin V = \sqrt{\frac{0.0002}{Ng-Np}}$$

որտեղ $0,0032$ մեծությունը հանդիսանում է հետազոտվող հատույթի այն ամենափոքր երկրեկումբը, որը չլիթի սովորական $0,027-0,030$ մմ հաստության դեպքում տալիս է ճառագայթի անցման 6 m տարբերություն, որն իրենից ներկայացնում է այն ստորին սահմանը, որը նշմարելի է մարդու աչքին:

Նեղինակն առաջարկում է սուր քիսեկարիսան շրջապատող մթնեցման օրեպի ձևի որոշման նոր եղանակ՝ ֆեոդորովյան սեղանի օգնությամբ: Միատեսակ մթնեցումների մոտ այդ օրեպը ներկայացված է շրջանով, իսկ երկառանցքների մոտ ($2V$ -ի նշանակությունը վերը նշած սահմանից ցածր լինելու դեպքում) նա ութանկ է, որի դասու լայնությունը հակադարձ հարաբերական է $2V$ անկյան մեծությանը: Եթե ութանկի կիսառանցքները հավասար են (մեծ շրջանի աղեղի աստիճաններով) A և B (A -մեծ կիսառանցքն է), ապա օպտիկական առանցքների անկյան արժեքը հավասար է

$$2V = \sqrt{2(A+B)(A-B)} = \sqrt{2(A^2-B^2)}$$

Միանգամայն պարզ լուծում կարող է ստացվել այն դեպքում, եթե $A:B = 1,5:1$: Այս հարաբերության փոքր արժեքների դեպքում ութանկը դառնում է շրջանից զգալի տարբերվող և սրանով որոշվում է երկառանցքայնություն ստորին սահմանը, որը կարելի է հաստատել սովյալ եղանակով:

Սանիդինի և քվարցի նկատմամբ կատարված ստուգողական դիտողությունները ցույց են տվել, որ $Ng-Np=0,006$ դեպքում այդ եղանակը տալիս է որոշակի լուծում միայն $2V \geq 14^\circ$ արժեքով և չի հաջողվում ստանալ լուծումներ աղելի ցածր արժեքով քան թե $2V = 10-12^\circ$: $Ng-Np=0,002$ դեպքում պարզ լուծումներ են տալիս $2V \geq 12^\circ$ և չի հաջողվում ստանալ լուծում աղելի ցածր արժեքով քան թե $2V = 8^\circ (10^\circ)$: $Ng-Np=0,006$ դեպքում սովյալ եղանակի կույր զոնան հավասար է $2V \leq 12^\circ (14^\circ)$, իսկ $Ng-Np=0,002$ դեպքում նա հավասար է $2V = 8^\circ (10^\circ)$, այնինչ կոնոսկոպիկ և ֆեոդորովյան մեթոդների սովորական ձևերի համար նրանց կույր զոնան հավասար է, համապատասխանաբար, $2V \leq 21^\circ$ և $2V \leq 17^\circ (16^\circ)$, այսինքն համարյա երկու անգամ աղելի լայն է:

Այդ կապակցությամբ հղվածում նկարագրվող նոր եղանակը միանգամայն պիտանի է միներալների հետազոտման համար և հաջողությամբ կարող է կիրառվել երկառանցքայնության որակական որոշման և փոքր անկյուն ու անոմալ երկառանցքային միներալների օպտիկական առանցքների անկյան մոտավոր արժեքների որոշման համար: