

О новых законах полевошпатово-кварцевых проростаний граффиривого типа.

Из Геологического Кабинета Томского Технологического Института.

(С 5 чертежами).

При петрографической обработке материала по молодым излияниям изверженных пород в Киргизской степи я имел случай натолкнуться на несколько законов образования микропегматитовых вростков кварца в полевошпате, причем они обнаруживают весьма ясную связь с кристаллографическими свойствами обоих минералов. Из этих законов три оказались новыми, еще не описанными в известной мне литературе вопроса.

Порода штуфа (и шлифа) № 16—237. представляет собою среднезернистый, несколько порфириовидный кварцевый авгитовый диорит, состоящий из гипидиоморфно-зернистого агрегата апатита, магнетита, розовато-фиолетово-серого титанистого авгита, мелко-чешуйчатого биотита (очень мало), чрезвычайно резко—и тонко-зонарного порфириовидно выступающего плагиоклаза с тонкой двойниковой штриховатостью; плагиоклаз иногда оторочен каймой анортклаза или микропегматитовых сростаний последнего с кварцем; последними выкристаллизовывались анортклаз, кварц и микропегматитовые их сростания, принимающие довольно существенное участие в составе породы.

Этот диорит слагает невысокую сопку в Ю. части гор Семей-тау (в 60 верстах к ЮЗ от Семипалатинска), находящуюся в 5 вер. к Ю от поселка Петроград и в 8 вер. к В от села Знаменского, являясь гипабиссальной фацией или, быть может, даже корневой частью развитых в Семей-тау авгитовых липаритов и авгитовых анезитов. Во всяком случае, окончательное застывание описываемого диорита происходило на глубине, не превышавшей 300 м., считая от современной извержению дневной поверхности, а скорее всего на глубине, меньшей даже 200 м.

Обилие граффириовых сростаний и размеры кварцевых вростков, допускаящие довольно точное определение их ориентировки с помощью универсального метода *Е. С. Федорова*, побудили меня заняться ближе изучением этих сростаний. В самом деле, казалось, что в условиях быстрой кристаллизации граффириовых эвтектик в вязкой, бедной минерализаторами среде законы проростаний обоих минералов могут оказаться иными сравнительно с установленными ранее главным образом академиком *А. Е. Ферсманом* на письменных структурах пегматитов¹⁾, а именно, отличаться от последних меньшей правильностью геометрических взаимоотношений кристаллических решеток обоих минералов. Вероятно, в этом же смысле следует понимать и предположение *Ф. Ю. Левинсона—Лессинга*²⁾ о различной природе письменных структур пегматитов и полевошпатово-кварцевых эвтектик. В действительности же оказалось, что хотя и были найдены, наряду с уже известными, новые законы, но геометричность, правильность последних ничуть не меньше, чем у старых законов, и что, с чисто кристаллографической точки зрения, разницы между обоими типами письменных структур по видимому нет, если только отвлечься

¹⁾ *А. Е. Ферсман*. Письменная структура пегматитов и причины ее возникновения.— Известия Российской Академии Наук. 1915 г. 1211—1228.

²⁾ *Ф. Ю. Левинсон—Лессинг*. Успехи петрографии в России.— Издание Геологического Комитета. П.В., 1923; 56.

от масштаба явлений. Из этого в свою очередь вытекает, что, коль скоро разница в физикохимических условиях кристаллизации не влияет на закономерность проростаний, последняя должна быть обусловлена причинами, лежащими глубже в строении самих кристаллических решеток.

Мое внимание привлекло сначала зерно анортоклаза округло-прямоугольной формы, почти изометричное, лишь слегка вытянутое по [001], так, что по его середине, совпадая на первый взгляд с плоскостью второго пинакоида (010), расположился тонкий пластинчатый росток кварца, на одном конце брюшкообразно изогнувшийся. Этот росток делил кристалл полевого шпата по его длине на две почти равные половины, и потому однородное само по себе зерно анортоклаза производит сначала впечатление карлсбадского двойника, пока наблюдатель не отдаст себе отчета, в чем тут дело. Кроме данного пластинчатого ростка, в описываемом зерне есть еще несколько небольших микронегматовых кварцевых ростков, которые делятся на различно ориентированные группы так, что в пределах каждой группы ростки гаснут одновременно. Все они приурочены к наружным частям полевощпатового зерна, тогда как середина его совершенно однородна, если не считать упомянутого тонкого ростка и одной тонкой же, едва заметной двойниковой пластинки анортоклаза, расположенной почти перпендикулярно первому. Одновременное присутствие трещин спайности по обоим пинакоидам, хорошо заметных благодаря исключительной свежести полевых шпатов, дало возможность произвести детальное и довольно точное исследование на универсальном столике. Результаты измерений сведены в нижеследующей таблице (Табл. 1) и иллюстрируются приложенной граммастереографической проекцией элементов оптического эллипсоида анортоклаза, его плоскостей спайности и оптических осей двух ростков кварца, положение которых удалось определить (Черт. 1).

Шл. № 16—237.

Таблица 1.

Анортоклаз.

ПЛОСКОСТИ ЭЛЛИПСОИДА.				СПАЙНОСТЬ.			
Ng.		Nm.		по (001).		по (001).	
Отсчет N.	Наклон H.	Отсчет N.	Наклон H.	Отсчет N.	Наклон H.	Отсчет N.	Наклон H.
168°	л. 10°	266°	л. 38°	172°	л. 8°	269°	л. 39°
171°	л. 10°	268°	л. 38°	170°	л. 13°	269°	л. 39 1/2°
170°	л. 10°	271°	л. 34°				
170 1/2°	л. 10°	268°	л. 37°	171°	л. 10 1/2°	269°	л. 39 1/2°

Оптические оси: А — к себе $13\frac{1}{2}^\circ$ В — от себя $38\frac{1}{2}^\circ$
 14° 39°
 $13\frac{1}{2}^\circ$ 39°
 $13\frac{1}{2}^\circ$ 39°

$2V = -52^\circ$
 -53°
 $-52\frac{1}{2}^\circ$
 $2V = -52\frac{1}{2}^\circ$

$(010) : (001) = 90\frac{1}{2}$
 $(010) : (001) = 89\frac{1}{2}$
 (угол взят между полюсами пинакоидов).

Благодаря сохранению темноты при наклонках в разные стороны около оси N универсального столика в случае разрезов, близких к перпендикулярности к [100] (первой кристаллографической оси), плоскости эллипсоида уста-

навливаются с некоторым колебанием; однако, согласие средних величин не оставляет желать лучшего. Спайность по (010) выражена в виде трещинок, не идущих вполне прямо, а составленных из ступенчато соединяющихся отрезков, чем и объясняются колебания в измерениях спайности; спайность же по (001), несмотря на большой угол наклона, выражена очень отчетливо. Из чертежа легко вывести и углы погасания на плоскостях спайности, а именно—

Углы погасания:

$$\angle \text{Nr} : (001) \text{ на } (010) = \sim 2^\circ.$$

$$\angle \text{Nr} : (010) \text{ на } (001) = \sim 0^\circ.$$

По углу оптических осей данный полевой шпат относится к аноклазу, являющемуся представителем щелочных полевых шпатов и в липаритах Семейтау; правда, данное зерно несколько уклоняется от обычного типа аноклаза, будучи сходно в этом отношении с полевым шпатом из Lille Frogner ¹⁾ с повышенным содержанием Al_2O_3 , CaO и с малым количеством Na_2O .

Что касается до кварцевых вростков, то первый из них—пластинчатый—оказывается действительно вытянутым по плоскости второго пинакоида, причем нормальное к шлифу главное сечение имеет координату $N = 241^\circ$ и оптическая ось наклонена в нем к наблюдателю под углом около 44° (по приведении к показателю преломления сегментов $n = 1,52$ получим величину 43°). ²⁾ Если теперь обратиться к чертежу 4, где нанесены в гномостереографической проекции грани и пояса исследованного полевого шпата (для простоты построения приняты геометрические константы ортоклаза) и в граммостереографической проекции оси наблюдавшихся мною кварцевых вростков (обозначены тройными кружками и знаком Q_i , где i —отвечает порядковому № вростка), то видно, что ось вростка Q_{11} в пределах точности графических построений и наблюдений может считаться совпадающей с граммостереографической проекцией пояса [210], проходящего через грани (120) и (001) полевого шпата, с которым поэтому совпадает призматический пояс кварца. При этом с плоскостью (010) почти (а может быть и вполне) точно может совпасть одна из граней ромбоэдра кварца.

Второй вросток имеет для перпендикулярного к шлифу главного сечения координату $N = 330^\circ$, и оптическая ось в нем наклонена к наблюдателю под углом около 65° или, после исправления на разницу показателей преломления кварца и стекла сегментов, 63° . При перенесении на диаграмму черт. 4 мы получаем весьма замечательную закономерность по отношению к полевному шпату. Именно, если провести малый круг, отстоящий от точки Q_{12} на 52° и являющийся геометрическим местом возможных гномостереографических проекций граней главных ромбоэдров кварца, то этот круг пройдет через полюсы граней (110), (011), (203), (111), (121) и (120) и весьма близко от полюса грани (211) полевого шпата. Принявши, что одна из граней ромбоэдра кварца совпадает с (110), и проводя чрез Q_{12} , как чрез полюс, меридианы, отстоящие друг от друга на 60° , мы тотчас увидим, что остальные грани обоих ромбоэдров будут совпадать соответственно с гранями (211) (почти полное совпадение), (011), (203), (121) (полное совпадение), как это показано на чертеже, где полюсы предполагаемых граней ромбоэдра обведены пунктирными кружками. Таким образом грани ромбоэдров кварца совпадают с целым рядом важных граней полевого шпата.

Кроме этого были исследованы еще два зерна аноклаза с такими же микропегматитовыми вростками кварца. Одно из них округло-овальной формы, почти сплошь выполнено последними, образующими здесь всего два индиви-

¹⁾ J. D. Dana. The System of Mineralogy. 6-th Ed. —New—York, 1901, 324—325.

²⁾ Из-за тонкости вростка точно угла установить нельзя.

дуума. Первый индивидуум (в общем порядке обозначенный № 3) сильно преобладает, и составляющие его вростки располагаются сначала параллельными друг к другу полосками, которые к концу расширяются и расходятся, кудряво завиваясь, так что общий узор напоминает греческую пальметту; это впечатление еще более усиливается благодаря тому, что на месте завитков пальметты располагаются прихотливо изогнутые вростки второго индивидуума (№ 4). Результаты измерений полевого шпата представлены таблицей 2. При данной ориентировке измерения производятся довольно легко, хотя при установлении плоскости эллипсоида, перпендикулярной Nm, был применен и ставроскопический окуляр. Так как видна только одна спайность по (001), то

Шлиф № 16—237.

Таблица 2.

Анортоклаз.

ПЛОСКОСТИ ЭЛЛИП. ОИДА.				СПАЙНОСТЬ.			
№.		№.		по (001).		по (010).	
Отсчет N.	Наклон H.	Отсчет N.	Наклон H.	Отсчет N.	Наклон H.	Отсчет N.	Наклон H.
222 ^{1/2} °	пр. 19°	317°	пр. 8°	232 ^{1/2} °	пр. 19°	—	—
		315°	пр. 12°				
		317°	пр. 9 ^{1/2} °				
222 ^{1/2} °	пр. 19°	316°	пр. 10°	232 ^{1/2} °	пр. 19°	—	—

Оптические оси: A—к себе 55° 2V—50°
55°
55°

высчитать углы погасания нельзя. Впрочем, из чертежа 2 видно, что этот угол на плоскости второго пинакоида (010) составляет около 10°. Воспользовавшись данными изучения следующего зерна, можно и здесь ориентировать кварцевые вростки, измерения над которыми дали следующие результаты.

Вросток № 3. Главное сечение $N = 308^\circ$, угол наклона оптической оси к себе, очень велик. Чтобы все-таки определить положение этой оси, найдены еще два главных сечения, уже не перпендикулярных к шлифу: I. $N = 299^\circ$, $H = \text{пр. } 20^\circ$ и II. $N = 317\frac{1}{2}^\circ$, $H = \text{л. } 21^\circ$ (поправки на показатель преломления при таких H не нужны). Положение оптической оси определяется очень хорошо, как видно из чертежа.

Вросток № 4. Перпендикулярное к шлифу главное сечение: $N = 268\frac{1}{2}^\circ$. Оптическая ось наклонена от себя под углом 41° ¹⁾ или, с поправкой на показатель преломления, -40° . Для проверки взято косое к шлифу главное сечение: $N = 248\frac{1}{2}^\circ$, $H = \text{л. } 16^\circ$. Как видно из чертежа, совпадение результатов превосходное.

Угол между осями вростков Q_{13} и Q_{14} , измеренный помощью треножного циркуля, равен 97° или другими словами 83° , что весьма близко к углу $84^\circ 33'$, который образуют оси хорошо известного двойника кварца по грани (2221) ²⁾. После же перенесения на чертеж 4, мы видим, что и тот, и другой вростки отвечают Адун-Чилонгскому закону А. Е. Ферсмана, причем собственно вросток № 3 является уже переходным к ориентировке по Мурзинскому закону ³⁾.

1) Среднее из трех отсчетов: $42\frac{1}{2}^\circ$, 39° и $42\frac{1}{2}^\circ$.

2) Здесь и в дальнейшем для гексагональных кристаллов употребляются символы Е. С. Федорова.

3) А. Е. Ферман, *op. cit.*, 1214 и 1215.

Наконец, может быть самое интересное зерно аноктоклаза имеет только одну систему вростков кварца, ориентированных параллельно. Само зерно полевого шпата имеет форму небольшого короткого прямоугольника, больший размер которого вытянут по (001). Почти к середине длинной стороны присоединяется узкой и короткой шейкой округлое пятно аноктоклаза же, диаметр которого раза в два превышает линейные размеры прямоугольного зерна. В этом втором участке в избытке содержатся типичноуголоватые треугольные, крючкообразные и т. п. параллельные вростки кварца, ограниченные прямыми гранями, идущими в трех направлениях, с небольшими углами между последними. При внимательном рассмотрении оказывается, что оба участка столь различной формы образуют один и тот же однородный кристалл аноктоклаза, не содержащий, кроме упомянутых вростков, никаких других нарушающих его однородность включений, как-то: двойниковых полосок, других минералов и т. п. Прямоугольный участок, как было уже отмечено, вовсе лишен и кварцевых вростков. При измерении пришлось быть очень внимательным, ибо при ориентировке, подобной тому, как у первого зерна, и трудности явились те же. Результаты дают таблица 3. и чертеж 3. Кварцевые вростки дали:

Шлиф № 16—237.

Таблица 3.

Аноктоклаз.

ПЛОСКОСТИ ЭЛЛИПСОИДА.				СПАЙНОСТЬ.			
Ng.		Nm.		по (010).		по (001).	
Отсчет N.	Наклон H.	Отсчет N.	Наклон H.	Отсчет N.	Наклон H.	Отсчет N.	Наклон H.
116	пр. 11°	23	пр. 17°	296°	л. 8°	26°	пр. 8°
114°	пр. 10°	22 1/2°	пр. 16°	296°	л. 8°	26°	пр. 7 1/2
117°	пр. 11	21 1/2°	пр. 18°				
116°	пр. 11°	22 1/2°	пр. 17°	296°	л. 8°	26°	пр. 8°

Оптические оси: A—от себя 35°, B—к себе 16° 2 V = -50°
) 34 1/2° 16°
) 35° 16°
) 35°

Углы погасания:

< Np₁ : (001) на (010) = + 8 3/4°.

< Np₂ : (010) на (001) = - 3°.

(010) : (001) = 89 1/2°.

(угол между полюсами спайности).

главное сечение, перпендикулярное к шлифу — N = 9°, наклон оптической оси от себя 32°, или, с поправкой на показатель преломления — 51°. Последнее положение было проверено наблюдением косого по отношению к шлифу главного сечения, координаты коего: N = 354°; H = л. 19°. Кроме того, оказалось возможным определить положения тех трех плоскостей, которыми в их взаимном сочетании ограничены были все рассматриваемые вростки кварца. Плоскость α, наиболее развитая, совпала с плоскостью (010) полевого шпата; плоскость β имеет координаты: N = 6°, H = л. 8°; и γ — N = 44°, H = л. 2°.

Полевой шпат по своим оптическим свойствам оказывается аноктоклазом, позволяя произвести надлежащую установку и для предыдущего зерна.

После приведения данных измерения к диаграмме чертежа 4., где для простоты построения принят моноклинный кристаллический комплекс ортоклаза,

по отношению к которому надлежаще ориентирован эллипсоид данного аноклаза по данным последнего зерна, как наиболее типичного, оказывается, что ось кварцевого востка совершенно строго совпадает с поясом, проходящим

через грани $(1\bar{2}0)$ и $(0\bar{1}2)$, или:
$$\begin{array}{c|cc|c} 1 & 2 & 0 & 1 & 2 & 0 \\ & \times & \times & \times & & \\ 0 & 1 & 2 & 0 & 1 & 2 \end{array} = [421].$$
 Плоскости β и γ

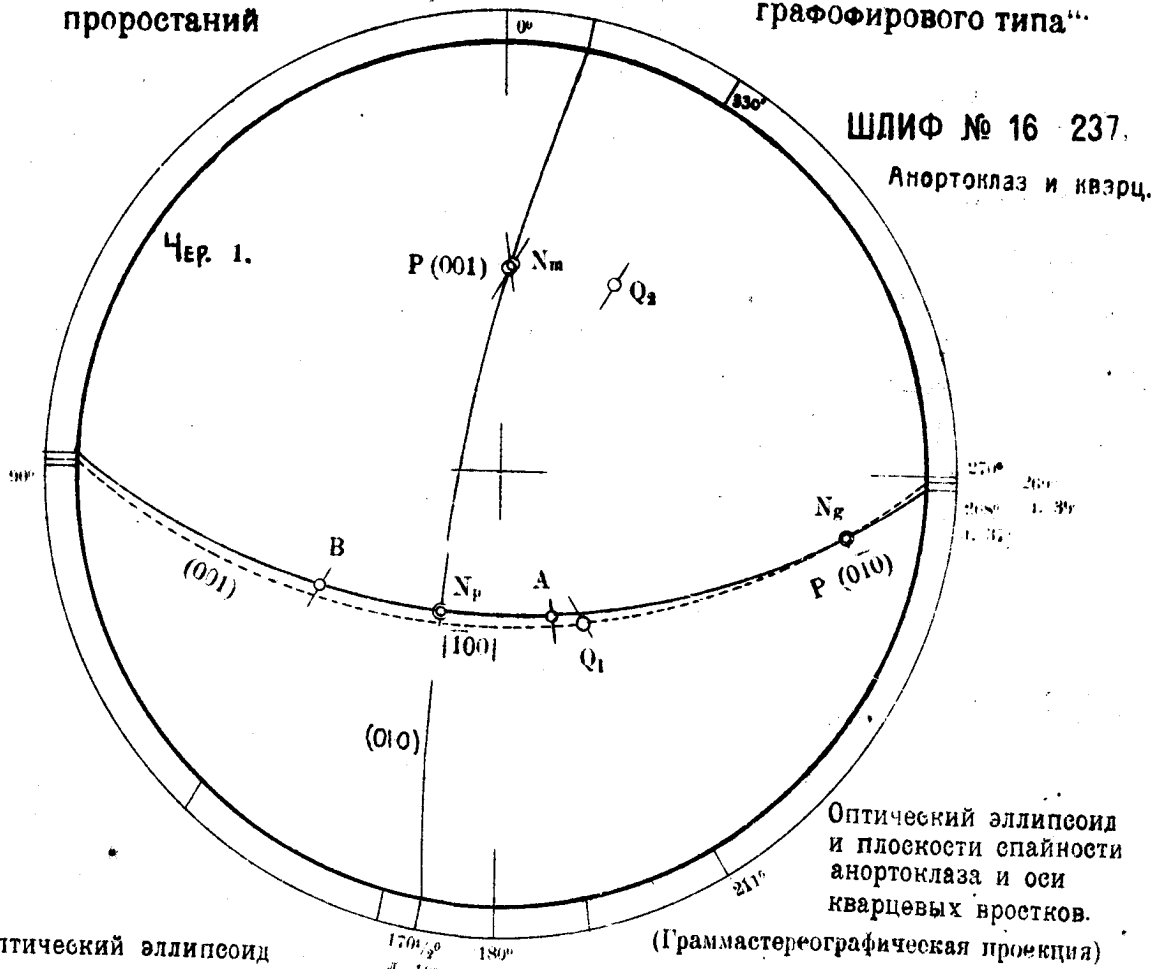
ограничивающие востки, оказываются возможными гранями полевого шпата, а именно: β совпадает (почти) с гранью $(1\bar{2}2)$, γ — (точно) — с (123) .

Особенно замечательным представляется то обстоятельство, что почти все первостепенной важности грани кварца при данной ориентировке совпадают с возможными гранями полевого шпата, как это указано на диаграмме, где грани кварца обозначены пунктирными кружками. Так, грани призмы кварца $(010\bar{1})$, (0110) , (0011) и $(0\bar{1}01)$ совпадают соответственно с гранями $(1\bar{2}0)$, (012) , (344) и $(1\bar{2}0)$ полевого шпата, причем для двух средних граней наблюдаются, правда, отклонения от совпадения в 1° — 2° . Еще лучшее совпадение граней ромбоэдров: $(\bar{1}10\bar{1})$ совпадает точно с (010) , $(\bar{1}110)$ — с $(\bar{2}43)$, (1011) — с (403) и $(\bar{1}101)$ — приблизительно с $(\bar{3}10)$. Грань (1110) совпадает точно с (524) и только для грани (1011) кварца не находится грани полевого шпата с достаточно простым символом. Даже грани α , β , γ получают рациональные символы кварцевых граней* α , как совпадающая с (010) — $(\bar{1}101)$, β — $(175\bar{2})$ и γ — (4352) . Сравнивая результаты, приведенные выше, с законами письменных проростаний в пегматитах, установленными А. Е. Ферсманом (ср. чертеж 5, представляющий воспроизведение установленных А. Е. Ферсманом закономерностей согласно его собственной диаграмме, дополненной отмеченными крестиками законами, здесь записанными), мы видим, что законы, №№ 1, 2 и 5 являются новыми, тогда как №№ 3 и 4 находятся на диаграмме А. Е. Ферсмана, но, с другой стороны, между новыми и старыми законами нет решительно никакой принципиальной разницы в отношении правильности геометрических соотношений пространственных решеток обоих минералов, причем новые законы не меньше, а может быть, даже более выдержаны геометрически, чем старые. Последний результат является несколько неожиданным, ибо, как указывалось выше, в эвтектических бедных минерализаторах структурах следовало бы скорее встретить случайные группировки. Поэтому можно думать, что кристаллические атомные решетки кварца и полевого шпата стоят в таком отношении, что вообще способны очень легко приспособляться друг к другу в различных ориентировках, и эта-то близость их дает возможность обоим минералам образовывать правильные сочетания в самых различных условиях. Последним обстоятельством и следует объяснить частое нахождение именно кварцево-ортоклазовых графофировых структур.

Исследованный в оптическом отношении аноклаз третьего зерна отличается от обычного аноклаза тем, что имеет на плоскости третьего пинакоида угол погасания с противоположным обычному направлением. Это не зависит от ошибок наблюдения: для более точного положения трещинки спайности я применил объектив № 3 (работа шла на большом микроскопе E. Leitz с универсальным столиком фирмы R. Fuess), причем, чтобы увидеть зерно, поместил между верхним сегментом и объективом капельку воды, устроив, таким образом, своеобразную иммерсионную систему. Для определения плоскости эллипсоида был применен ставроскопический окуляр, причем вставляя еще гипсовую и слюдяную пластинки¹⁾, я пробовал создавать различные интерференционные цвета. И все-таки, никак не удавалось для трещинки спайности получать наклонов столика, больших 9° , а для плоскости эллипсоида — мень-

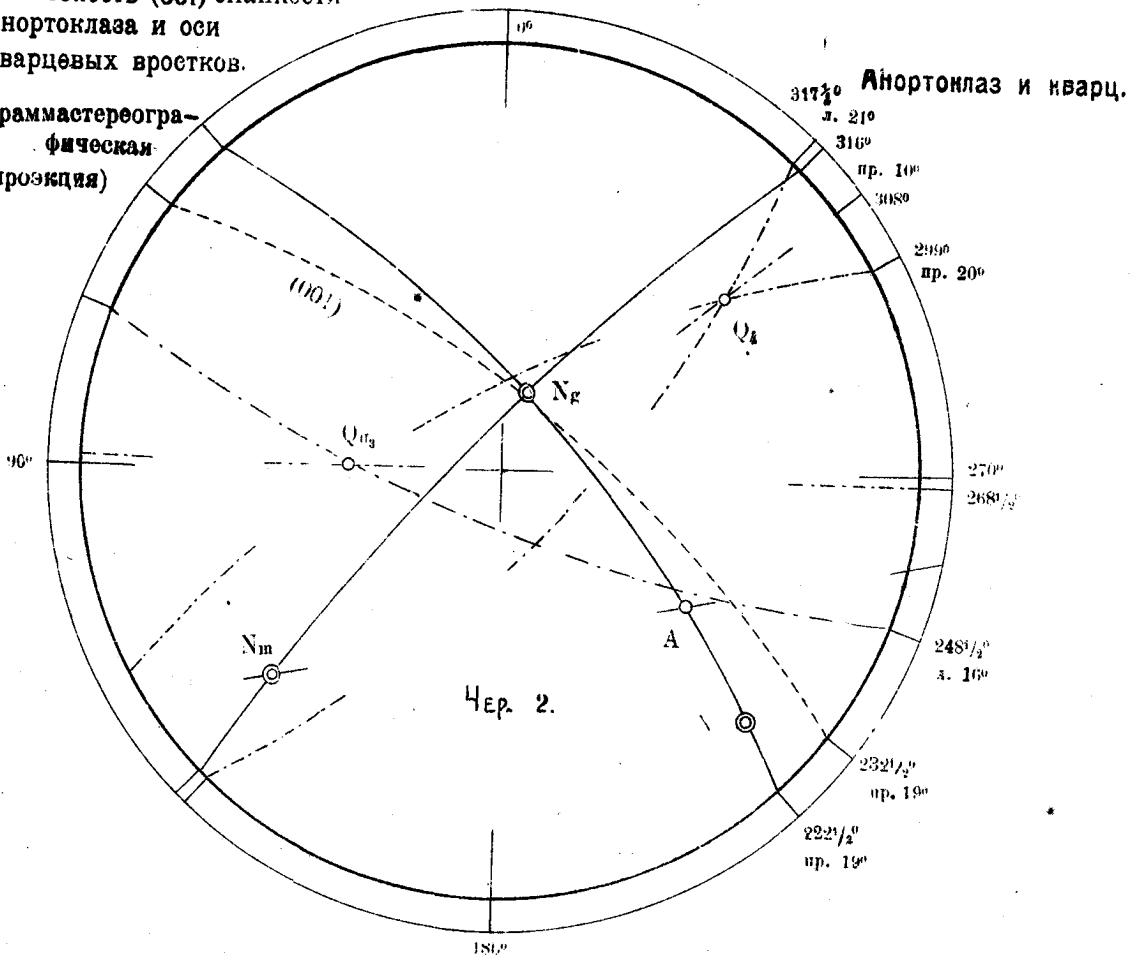
¹⁾ В положении погасания.

К статье Н. Н. Горностаева: „О новых законах полевошпатово-кварцевых проростаний графофирового типа“



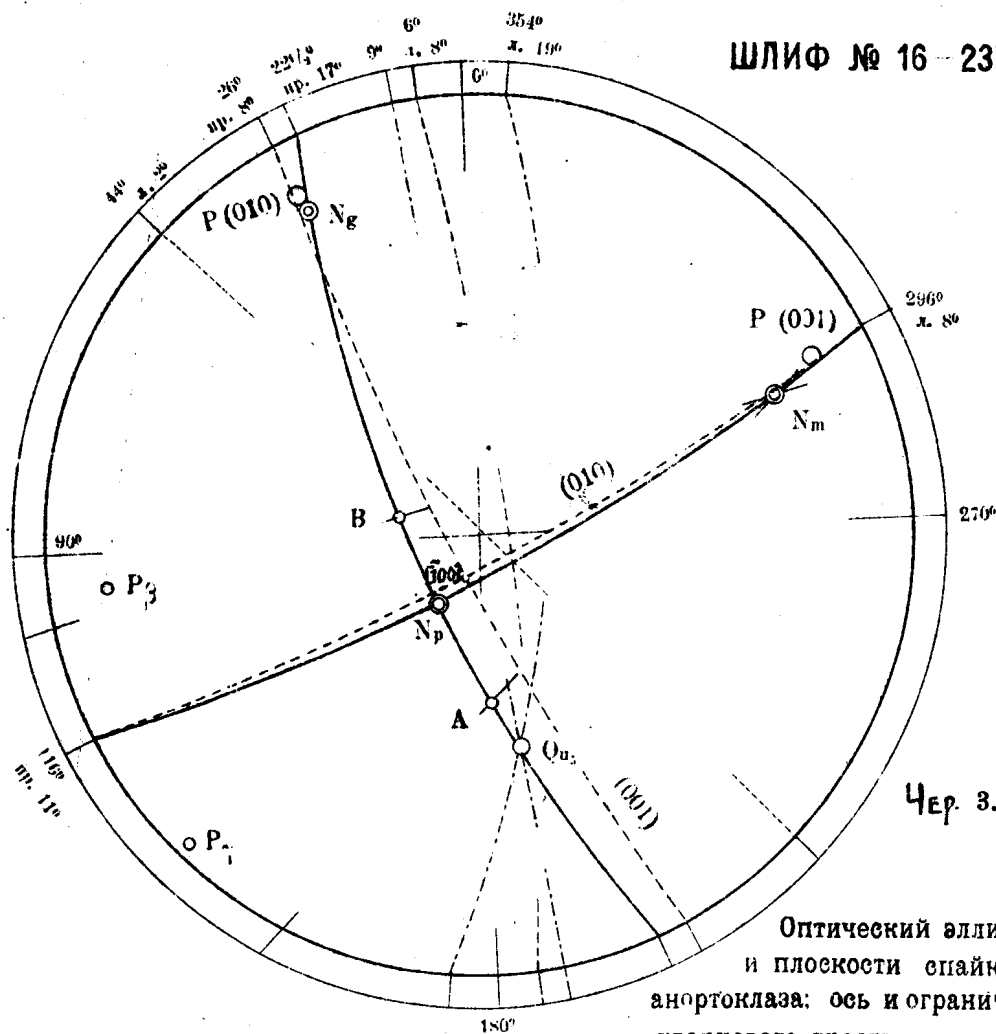
Оптический эллипсоид и плоскость (001) спайности анортоклаза и оси кварцевых вrostков.

(Граммастереографическая проекция)



К статье Н. Н. Горностаева: „О новых законах полевошпатово-кварцевых проростаний графофирового типа“.

ШЛИФ № 16 - 237.

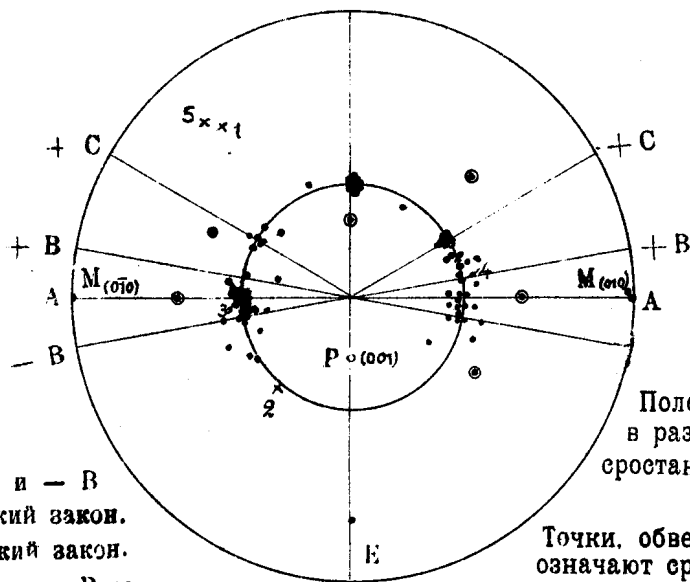


Чер. 3.

Оптический эллипсоид и плоскости спайности анортоклаза; ось и ограничения кварцевого вростка.

(Грамматереографическая проекция)

Rose.



Чер. 5.

Между + B и - B
- Адун - Чилонгский закон.
+ C -- Мурзинский закон.
Rose - закон Розе.

Положение осей кварца в различных письменных сростаниях с полевым шпатом.

Точки, обведенные кружками, означают сростания с кислыми плагиоклазами (по А. Е. Ферману).

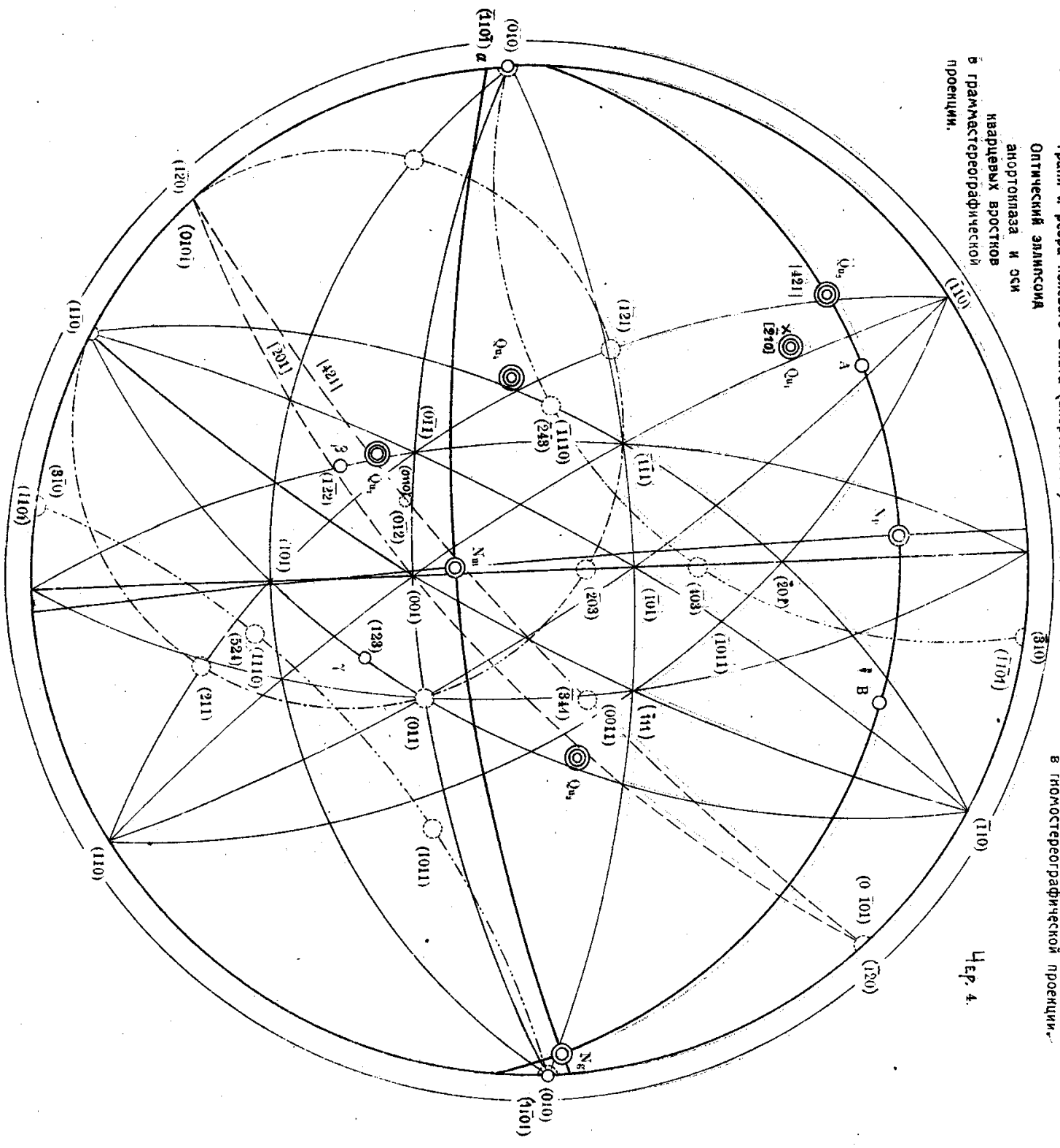
Крестики при цифрах 1, 2 и 5 - оси новых законов.
Стрелки при цифрах 3 и 4 указывают оси наблюдавшихся старых законов

Н статье Н. Н. Горностаева. „О новых законах полевошпатово-кварцевых проростаний графитоидного типа“

Грани и ребра полевого шпата (анортклаза)
 Оптический эллипсоид
 аноктоклаза и оси
 кварцевых вростков
 в гномостереографической
 проекции.

в гномостереографической проекции

Чер. 4.



μ = 0, среднее же, при многократных отчетах, совпадало с приведенными в таблице числами. Поэтому приходится признать, что данный аноклаз обладает небольшим, но отрицательным углом погасания на плоскости (001). Если сравнить оптические данные аноклазов с химическими, то можно отметить, что малая величина (положительного) угла погасания связана с повышением содержания СаО (или К₂О)⁴⁾, и не исключена возможность, что в данном случае имеется разность, особенно богатая аноклитовой частью (или, наоборот, ортоклазовой), что выяснится, конечно, только после надлежащего химического исследования.

Томск, апрель 1924.

4) Ср., например, *Hints*, Handbuch der Mineralogie, II, 1419—1425.