

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 плифа) № 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 мипаритов и авгитовых андезитов. 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, допускавшие 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, варяду 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 повидимому 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 аноклаза 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 крючкообразно изогнувшийся. Этот росток делил кристалл полевого шпата по его длине на две почти равные половины, и потому однородное само по себе зерно аноклаза производит сначала впечатление карлсбадского двойника, пока наблюдатель не отдаст себе отчета, в чем тут дело. Кроме данного пластинчатого вроска, в описываемом зерне есть еще несколько небольших микропегматитовых кварцевых вросков, которые делятся на различно ориентированные группы так, что в пределах каждой группы вроски гаснут одновременно. Все они приурочены к наружным частям полевощпатового зерна, тогда как середина его совершенно однородна, если не считать упомянутого тонкого вроска и одной тонкой же, едва заметной двойниковой пластинки аноклаза, 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 аноклаза, его плоскостей спайности и оптических осей двух вросков кварца, положение которых удалось определить (Черт. 1).

Шл. № 16—237.

Таблица 1.

Аноклаз.

ПЛОСКОСТИ ЭЛЛИПСОИДА.				СПАЙНОСТЬ.			
Ng.		Nm.		по (001).		по (001).	
Отсчет N.	Наклон Н.	Отсчет N.	наклон Н.	Отсчет N.	Наклон Н.	Отсчет N.	Наклон Н.
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 13¹/₂° В — от себя 38¹/₂°

14°	39°
13 ¹ / ₂ °	39°
13 ¹ / ₂ °	39°

$$2V = -52^\circ$$

$$-53^\circ$$

$$-52\frac{1}{2}^\circ$$

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

$$(010) : (001) = 90\frac{1}{2}^\circ$$

$$(010) : (001) = 89\frac{1}{2}^\circ$$

(угол взят между полюсами пинакоидов).

Благодаря сохранению темноты при наклонах в разные стороны около оси Н 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 влодне 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:

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

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

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 вrostков, 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 навесены в гномостереографической проекции грани и пояса исследованного полевого шпата (для простоты построения приняты геометрические константы ортоклаза) и в граммастереографической проекции оси наблюдавшихся мною кварцевых вrostков (обозначены тройными кружками и знаком Q_i , где i —отвечает порядковому № вrostка), то видно, что ось вrostка Q_1 в пределах точности графических построений и наблюдений может считаться совпадающей с граммастереографической 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 вrostок 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_2 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_2 , 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 вrostками 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 вrostка 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.

Анортоглаз.

ПЛОСКОСТИ ЭЛЛИПСОИДА.				СПАЙНОСТЬ.			
┆ Nm.		┆ Nr.		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 анортоклаза 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 анортоклаза же, диаметр которого раза в два превышает линейные размеры прямоугольного зерна. В этом втором участке в изобилии содержатся типичноугловатые 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 анортоклаза, 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.

Анортоклаз.

ПЛОСКОСТИ ЭЛЛИПСОИДА.				СПАЙНОСТЬ.			
N _g .		N _m .		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: А—от себя 35° В—к себе 16° 2 V = — 50°
) 34 1/2° 16°
) 35° 16°
) 35°

Углы погасания:

$$\angle Np_1 : (001) \text{ на } (010) = + 8 3/4^\circ.$$

$$\angle Np_2 : (010) \text{ на } (001) = - 3^\circ.$$

$$(010) : (001) = 89 1/2^\circ.$$

(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, оказавшись 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 анортоклазом, 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:
$$\begin{array}{c|ccc|c} 1 & 2 & 0 & 1 & 2 & 0 \\ & \times & \times & \times & & \\ 0 & 1 & 2 & 0 & 1 & 2 \end{array} = [421].$$
 Плоскости β и γ ,

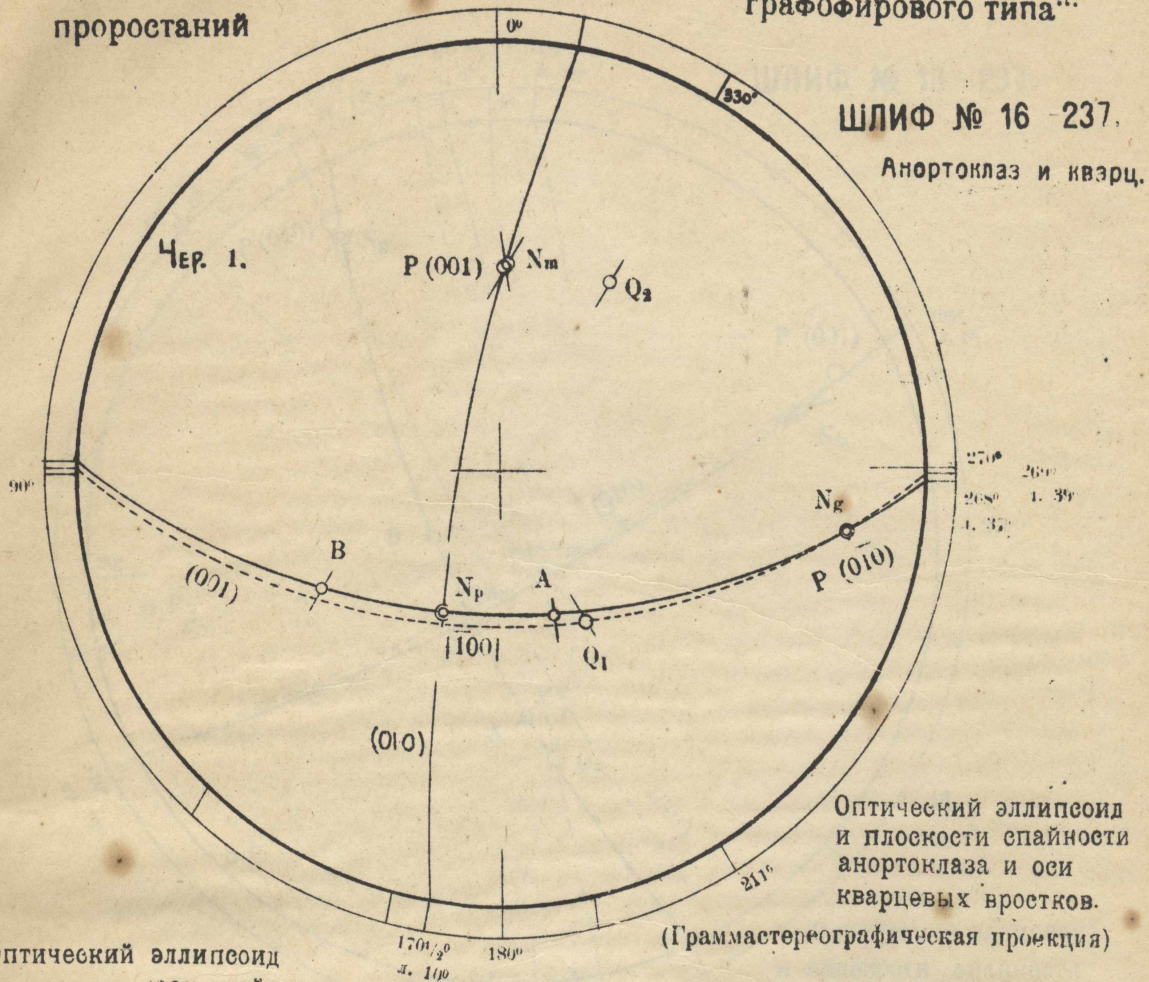
ограничивающие востки, оказываются возможными гранями полевого шпата, а именно: β совпадает (почти) с гранью $(1\bar{2}2)$, γ — (точно) — с (123) .

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 (0101) , (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 $1^\circ - 2^\circ$. Еще лучшее совпадение граней ромбоэдров: $(\bar{1}101)$ совпадает точно с (010) , $(\bar{1}110)$ — с $(\bar{2}43)$, (1011) — с $(\bar{4}03)$ 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 — (1752) 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, дополненный 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 — *меньше*

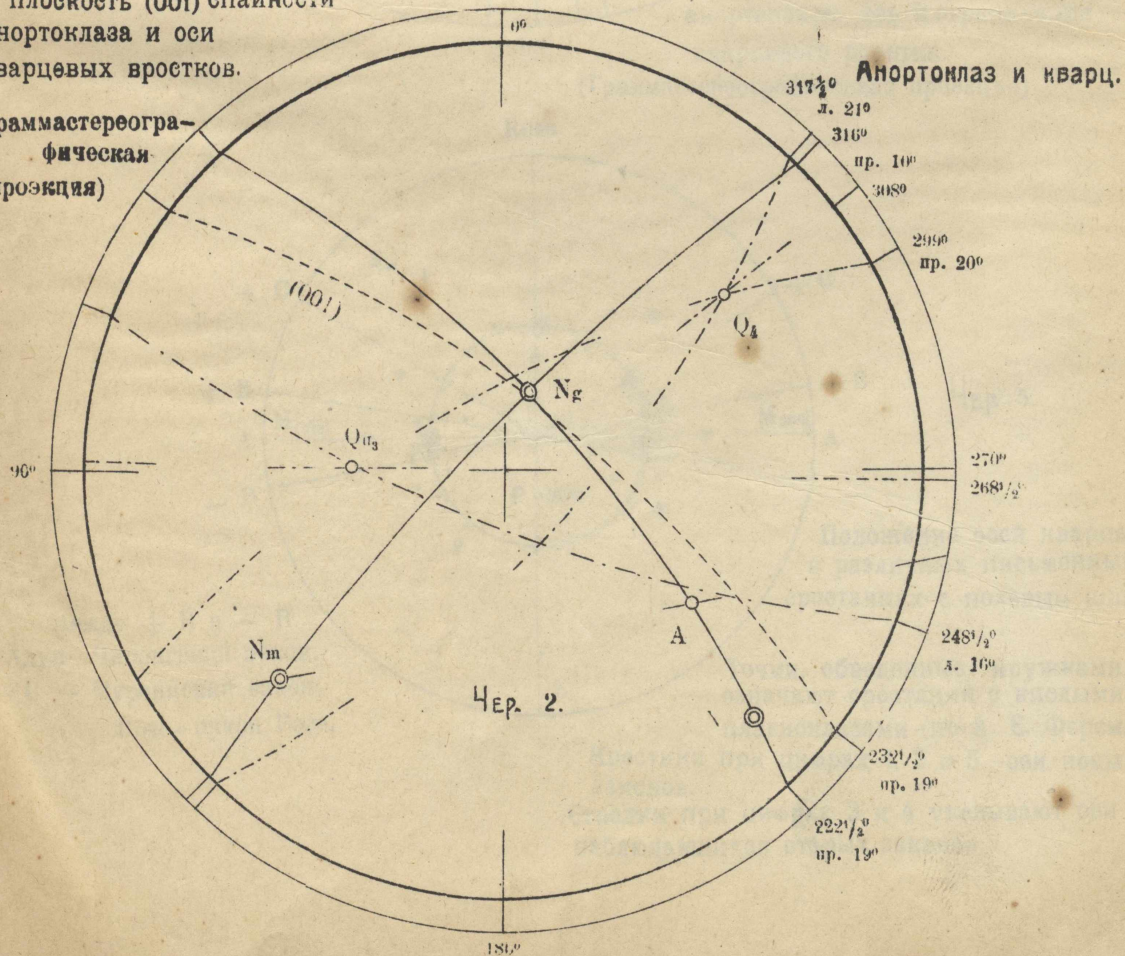
¹⁾ В положении погасания.

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



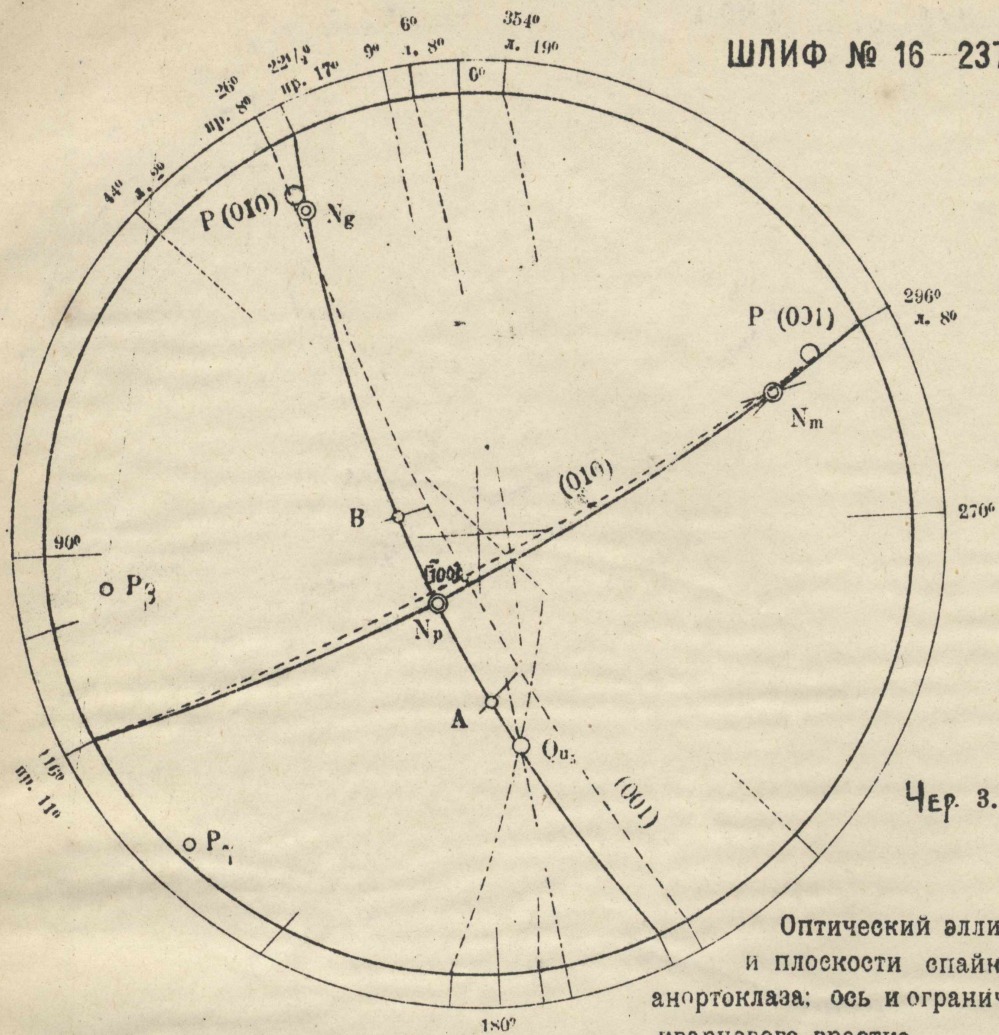
Оптический эллипсоид и плоскость (001) спайности анортоклаза и оси кварцевых вростков.

(Граммастереографическая проекция)



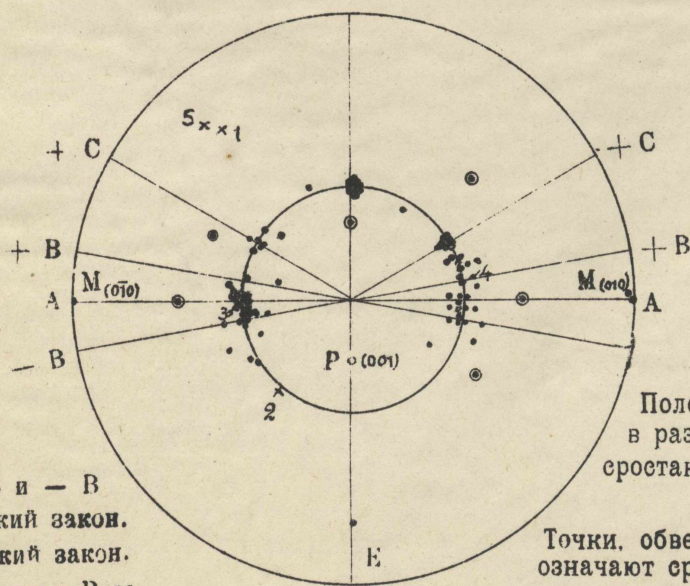
К статье Н. Н. Горностаева: „О новых законах полевошпатово-кварцевых проростаний графофирового типа“.

ШЛИФ № 16—237.



Оптический эллипсоид и плоскости спайности аноклаза; ось и ограничения кварцевого врсетка.
(Граммастереографическая проекция)

Rose.



Между + В и - В
- А дун — Чилонгский закон.
+ С — 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.

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

Грани и ребра полевого шпата (анортклаза)

Оптический эллипсоид

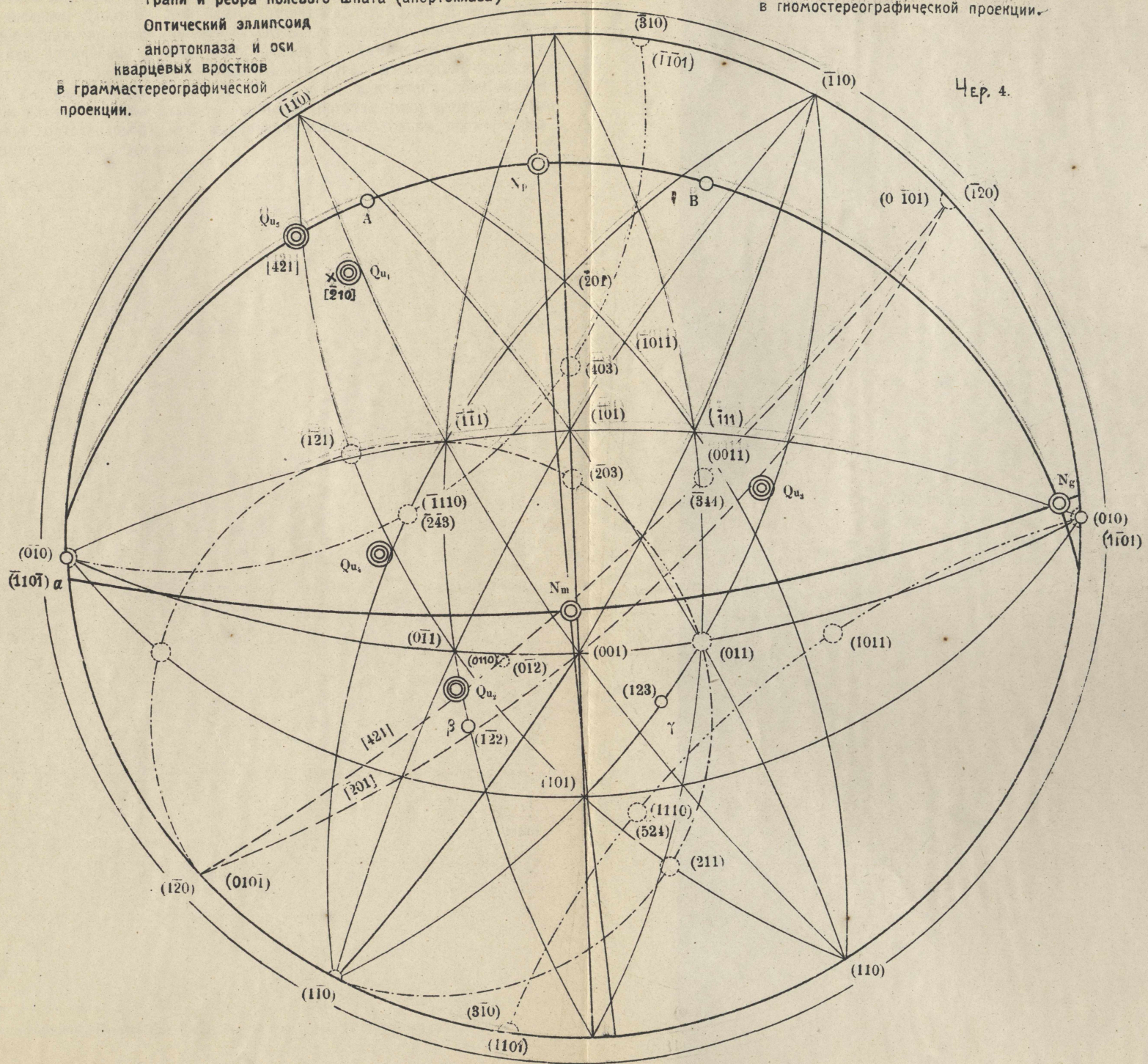
анортклаза и оси

кварцевых вростков

в граммастереографической
проекции.

в гномостереографической проекции.

Чер. 4.



или 8° ; 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 подметить, что малая величина (положительного) угла погасания связана с повышением содержания СаО (или K_2O) 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, *Hintze*, Handbuch der Mineralogie, II, 1419—1425.