

БГАс 108

Travaux du Musée Géologique et Minéralogique Pierre Le Clapier  
près l'Académie des Sciences de l'URSS. Tome V, livr. 7

4.3.

**ТРУДЫ**  
**ГЕОЛОГИЧЕСКОГО И МИНЕРАЛОГИЧЕСКОГО МУЗЕЯ**

имени ПЕТРА ВЕЛИКОГО

**АКАДЕМИИ НАУК**

**Союза Советских Социалистических Республик**

—  
ТОМ V  
—

Выпуск 7

П. П. Сущинский и Г. Л. Пузырев. К методике определения плагио-  
клавов по способам Федорова и Фуке

С 3 рис. в тексте и 1 таблицей

БИБЛИОТЕКА  
Геологического Музея  
Академии Наук СССР

ЛЕНИНГРАД  
1926

0

Напечатано по распоряжению Академии Наук СССР  
Май 1926 г.

Непременный Секретарь, академик *С. Ольденбург*

Издательство Академии Наук СССР

Начато набором в декабре 1925 г. — Окончено печатанием в мае 1926 г.

Ленинградский Гублит № 12890. — 2<sup>1</sup>/<sub>16</sub> печ. лист. — Тир. 650 экз.

Тип. Над. Сев.-Зап. Промбюро ВСНХ. Ленинград, Тучкова наб., 2.

Инв. № 4772

**Труды Геологического и Минералогического Музея имени Петра  
Великого Академии Наук СССР. Том V, вып. 7.**

Travaux du Musée Géologique et Minéralogique Pierre le Grand près  
l'Académie des Sciences de l'URSS. Tome V, livr. 7.

---

**К методике определения плагиоклазов по спо-  
собам Федорова и Фука.**

**П. П. Сущинский и Г. Л. Пузырев.**

(Представлено академиком В. И. Вернадским в заседании Отделения  
Физико-Математических Наук 9 ноября 1921 года).

Метод определения плагиоклазов покойного проф. Е. С. Федорова до последнего времени сравнительно мало применялся в русских (не говоря уже о зарубежных) высших технических учебных заведениях. Применяется он с давних пор в Ленинградском Горном Институте, Геологическом Комитете, Томском Технологическом Институте, где профессорами состоят ученики покойного Е. С. Из других же высших учебных заведений, насколько нам известно, он применяется в Ленинградском Университете и Политехническом Институте и лишь недавно стал применяться в Екатеринославском Горном Институте.

Такая сравнительно малая распространенность этого ценного метода, который может считаться гордостью русской науки, отчасти объясняется малым знакомством многих русских ученых с этим методом, отчасти и тем, что во многих, особенно провинциальных, высших школах до сих пор не имеется микроскопов с т. наз. «федоровским» или универсальным столиком.

В 1920/21 учебном году Минералого-Петрографическому Кабинету Донского Политехнического Института удалось приобрести два теодолитных федоровских микроскопа. Кроме того, благодаря любезной присылке проф. В. В. Никитиным достаточного количества сеток и помощи горн. инж. С. Е. Айвазова, ознакомившего персонал Кабинета на практике с приемами Федоровского метода исследования, явилась возможность при-

менить и в Донском Политехническом Институте этот метод, если не для преподавания, то для исследования.

Следует отметить, что, при обсуждении нового (трехлетнего) учебного плана Донского Политехнического Института, в одном из заседаний Совета (в котором, согласно положению, теперь половину числа членов Совета составляют студенты) осенью 1920 года введение метода Федорова, как обязательного предмета, на разведочно-геологическом отделении Горного Факультета, горячо поддержанное представителями геологических дисциплин, было голосами студентов отвергнуто и отнесено на т. наз. „исследовательские курсы“, которые до сих пор еще не осуществились. Таким образом, пользоваться Федоровским методом явилась возможность лишь для отдельных студентов-дипломантов.

В Минералого-Петрографическом Кабинете Д. П. И. хранится богатый материал, собранный первым из авторов настоящей статьи во время экспедиции, предпринятой им в 1914—1917 годах по поручению Академии Наук в Забайкальскую область, в районе Кругобайкальской ж. д., между ст. Байкал и Култук, по контактовым, метаморфическим и жильным породам. Часть этих горных пород была предложена второму из нас<sup>1</sup> для обработки по методу Е. С. Федорова, в качестве дипломной работы. При выполнении работы попутно было обращено внимание на методику определения полевых шпатов вообще, и в частности была произведена на практике критическая оценка методов Федорова и Фукэ. При совместной обработке и обсуждении полученных результатов нами были выяснены любопытные закономерности и некоторые не лишние общего значения для петрографической методики факты, приведшие нас к заключению о несомненном преимуществе метода Федорова по сравнению с методом Фукэ. Поставленная первоначально, в качестве попутной, задача разрослась в особую главу „сравнительная оценка методов Федорова и Фукэ“, которая и составляет предмет настоящей статьи.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Бывшему студенту Петроградского Горного Института.

<sup>2</sup> Из доступной нам литературы последнего времени о методе Фукэ следует отметить статью R. Sokol. O určování žilců methodou Fouquého. Rozpravy české Akademie věd. 1915. Ročník XXV, třída II, číslo 3, стр. 1—10, в которой приводится ряд критических замечаний о методе Фукэ.

### Метод Федорова.

Считаем не лишним напомнить вкратце ход определения плагиоклазов по методу Федорова.

1. Находятся и наносятся на стереографическую сетку оси эллипсоида каждого индивида двойника плагиоклазов. В каждом индивиде наблюдается минимум две из трех осей эллипсоида:  $N_p$ ,  $N_m$ ,  $N_g$ . Разрезы выбирались такие, чтобы по крайней мере в одном из индивидов наблюдалась хотя бы одна оптическая ось. Таким образом:

2. Попутно определяется угол между оптическими осями в одном или обоих индивидах.

3. Соединив дугами соответствующие оси каждого эллипсоида, т.-е.  $N_{p_1}$  и  $N_{p_2}$ ,  $N_{m_1}$  и  $N_{m_2}$ ,  $N_{g_1}$  и  $N_{g_2}$ ; в идеальном случае получаем в пересечении трех плоскостей точку, которая и есть проекция двойниковой оси  $V_{1,2}$ .

4. Совмещая шов с вертикальной нитью и наклоняя препарат около оси  $H$ , приводим плоскость шва в плоскость симметрии микроскопа; наносим найденную плоскость на сетку и решаем вопрос, лежит ли ось  $V_{1,2}$  в плоскости шва или ей перпендикулярна.

5. Измеряем углы между каждой парой осей упругости обоих индивидов и, деля больший острый угол пополам, а в остальных их дополнения до  $180^\circ$ , находим координаты оси  $V_{1,2}$ .

6. По диаграмме  $X$ , приложенной в книге Усова,<sup>1</sup> находим в пересечении трех плоскостей, каждая из которых есть геометрическое место точек, равноудаленных от соответствующих осей на величины, найденные в предыдущем пункте, — в идеальном случае тоже точку, которая укажет вам закон двойникового образования (если он не нов) и № плагиоклаза.

Прилагая в конце этой работы копию указанной двойниковой диаграммы, следует сказать несколько слов об ее построении. Усов (стр. 101) говорит, что творец метода Федоров при составлении своей диаграммы руководствовался главным

<sup>1</sup> М. А. Усов. Федоровский или Универсально-оптический метод исследования породообразующих минералов, в особенности полевых шпатов. Томск. 1910 г.

образом работами М. Lévy, М. Schuster и Fouqué, которые дали ряд констант для некоторых типов плагиоклазов, и его диаграмма содержит кривые только для четырех наиболее распространенных законов. Усов в пределах возможного исправил и пополнил эту диаграмму, при чем в основу при построении двойниковой диаграммы были положены данные F. Becke, который в своей работе „Die optischen Eigenschaften der Plagioklase“ (Tschermak's Petr. u. Min. Mittheil. XXV, 1906, 1—42) свел все известные данные о плагиоклазах в виде особой диаграммы, показывающей расположение осей упругости относительно кристаллографических элементов.

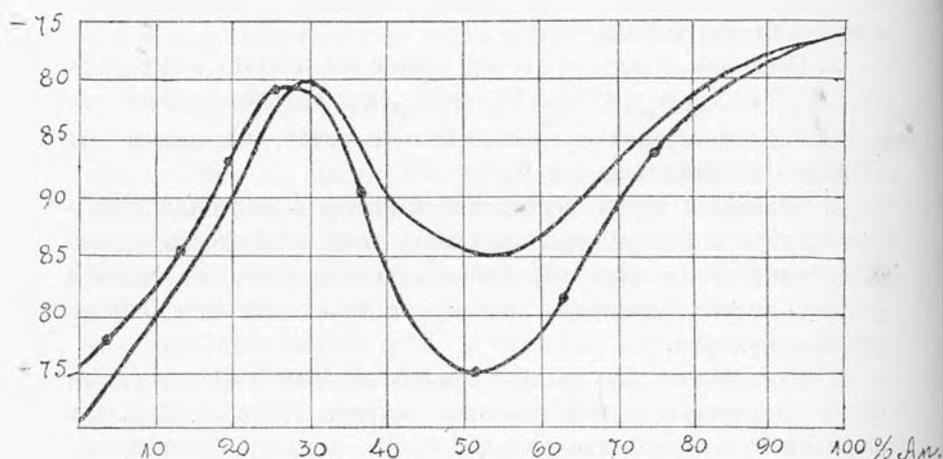


Рис. 1.  
Диаграмма угла 2V плагиоклазов.

Помимо двойниковой диаграммы, приложенной в работе Усова, для определения номера плагиоклаза по найденным координатам двойниковой оси, существует еще диаграмма В. В. Никитина, приложенная к его труду «Универсальный метод Федорова», выпуск III. С. П. Б. 1912 г. Последняя диаграмма была предоставлена в наше распоряжение только тогда, когда все плагиоклазы были уже определены помощью диаграммы Усова, почему диаграмма В. В. Никитина нами не была полностью использована.

7. По углу оптических осей находим по диаграмме фиг. 41 в том же труде Усова снова № плагиоклаза. Копию этой диаграммы см. рис. 1. Это первая проверка.

8. Находим в исследуемом зерне спайность, наносим ее на сетку и измеряем углы погасания на плоскостях, перпендикулярных  $N_g$ ,  $N_m$  и  $N_p$ . По этим трем величинам на диаграммах углов погасания в той же книге (фиг. 43) находим кристаллографическое значение спайности, если она принадлежит (010) или (001), и снова три значения для № плагиоклаза. Копии диаграмм см. рис. 2. Это вторая проверка.

9. Находим координаты полюса спайности; предполагая затем, что это координаты возможной двойниковой оси [если спайность принадлежит (001), то—Маннебахского закона, если это спайность (010)—альбитового и, наконец, если спайность по (110), то двойниковая ось есть  $\perp$  (110) и т. д.], находим еще раз № плагиоклаза.

Это третья проверка.

10. Наконец, в случае не вполне точного совпадения первых шести данных можно взять спайность в другом индивиду и получить еще целый ряд данных; или же другую систему спайности первого индивида и т. п. Таким образом получается полная уверенность в правильности наблюдений и определяется № плагиоклаза с точностью в большинстве случаев до одного-двух номеров.

Рассмотрим поближе каждый из пунктов.

1. От точности наблюдений элементов эллипсоида зависит весь дальнейший ход задачи. Поэтому необходимо особенно тщательно устанавливать на темноту при совмещении оси эллипсоида с осью J и выбирать лучшие разрезы, у которых для этого не требуется большого наклона около оси H. При внимательном наблюдении осей эллипсоида на стереографической сетке получаем сферический треугольник, точки пересечения сторон которого должны совпадать с проекциями осей. Соблюдение этого условия гарантирует нам некоторое приближение к истинному положению осей эллипсоида. Все-же «только при самых небольших углах наклона около H для однородных и бесцветных зерен приходится встречаться с чувствительностью установки, достигающей  $1^\circ$  по отношению к наклону около оси H и до  $1-2^\circ$  по отношению к углу поворота около оси N. В большинстве случаев чувствительность определения не превосходит  $2^\circ$  для наклонов около оси H и  $2-3^\circ$  для углов поворота около оси N» (В. В. Никитин. Универсальный метод Федорова, стр. 115).

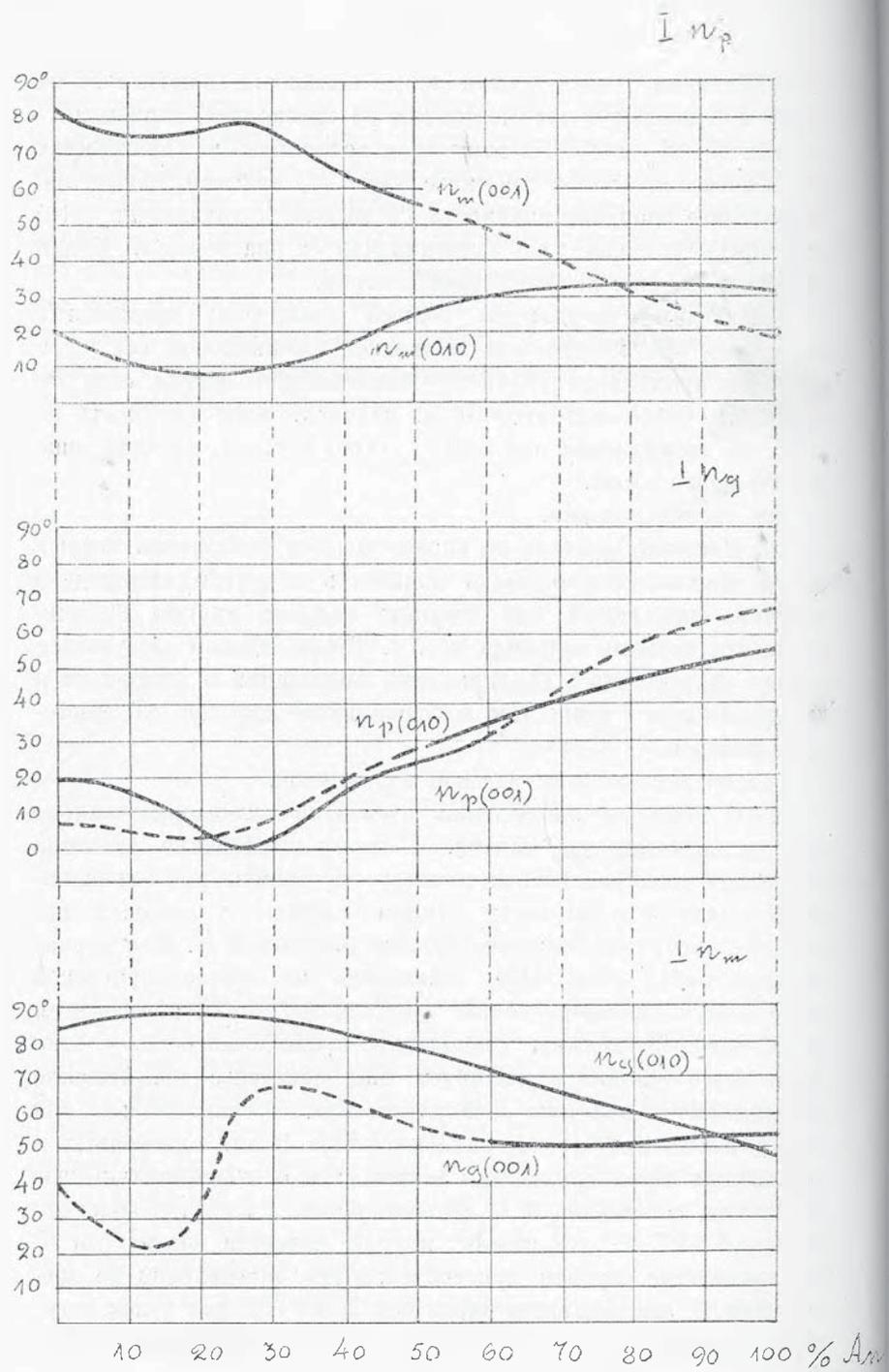


Рис. 2.

В связи с этим обстоятельством наблюдается погрешность определения всех остальных элементов эллипсоида и двойника. Так:

2. угол оптических осей в том случае, когда наблюдению доступна только одна оптическая ось, находится графически по сетке, следовательно, сделав ошибку в определении осей эллипсоида, неминуемо введем ошибку в определение  $2V$ . Точность в определении  $2V$  повышается в два раза, если доступны наблюдению две оптические оси, что встречается в разрезах, близких к перпендикулярности по отношению к  $N_g$  или  $N_p$ . В последнем случае, нанеся на сетку обе оптические оси, легко проверить правильность установки и наблюдения осей эллипсоида: ось  $N_g$  (или  $N_p$ ) должна в точности делить угол оптических осей пополам. Если этого не наблюдается, следует повернуть установку с самого начала.

3, 4, 5, 6. Так как двойниковая ось есть в то же время ось симметрии двойника, ясно, что соединив дугами каждую пару осей обоих индивидов ( $N_{g_1} N_{g_2}$ ,  $N_{m_1} N_{m_2}$  и  $N_{p_1} N_{p_2}$ ), мы в пересечении трех плоскостей должны получить точку, которая и есть проекция оси  $V_{1,2}$ . В виду того, что наблюдение осей эллипсоида производится с некоторой погрешностью, в большинстве случаев в пересечении трех указанных плоскостей мы получим не точку, а некоторый сферический треугольник, так называемый „треугольник погрешности“, внутри которого лежит проекция оси  $V_{1,2}$ . Величина этого треугольника предоставляет возможность дать оценку своей работе: при слишком большой площади треугольника наблюдения теряют свою цену, и необходимо произвести все манипуляции заново или лучше взять для исследования другой двойник. С другой стороны, добиваться того, чтобы в пересечении трех плоскостей получить именно точку, нет нужды, ибо величина треугольника до некоторого предела мало влияет на конечный результат. В нашей работе нам неоднократно приходилось убеждаться в этом. Измерив затем углы между парами осей двух индивидов и деля больший острый угол пополам, а для других дополнения до  $180^\circ$ , получаем координаты оси  $V_{1,2}$ . Но ограничиваться одним этим измерением, не проводя указанных трех плоскостей, как это советует Усов,<sup>1</sup> все-таки не следует, ибо в противном случае

<sup>1</sup> М. А. Усов. л. с., стр. 81.

у наблюдателя отпадет самый важный критерий своей работы. В Ленинградском Горном Институте, насколько нам помнится, проведение указанных трех плоскостей считалось необходимым, и величина получившегося треугольника погрешности служила главнейшей оценкой работы студента. Правда, для некоторых двойниковых законов, например, альбитового  $\perp [100] (010)$  и др., как это легко себе уяснить из двойниковой диаграммы,<sup>1</sup> для известных №№ плагиоклаза, получается почти полное совпадение некоторых осей эллипсоида обоих индивидов; в большинстве случаев эту роль играет ось  $N_p$ , вследствие чего треугольник погрешности получается иногда слишком вытянутым и казалось бы не удовлетворительным, но дело в том, что незначительное изменение в положении одной из осей, главным образом, той, которая почти совпадает с одноименной же осью другого индивида, влечет за собою сильное сокращение треугольника погрешности, почему и в этом случае нет нужды добиваться получить в пересечении трех плоскостей именно точку. Как бы то ни было, а проведение трех плоскостей нужно признать весьма целесообразным.

Как указано выше, по найденным координатам по табл. X, приложенной в труде Усова, находим № плагиоклаза и закон двойникового образования. При этом предварительно необходимо уяснить, лежит ли ось  $B_{1,2}$  в плоскости шва или ей перпендикулярна, так как этот вопрос нам может помочь разобраться в том, как отличить, например, закон альбитовый от периклинового и манебахский от  $\perp [100] \parallel (010)$ . Правда, в некоторых случаях еще ряд проверок может убедить вас в правильном определении закона, как например: если закон двойникового сростания альбитовый, значит, параллельно шву идет спайность  $(010)$ , почему, нанося ее на сетку, мы по углам погасания убеждаемся в этом, в периклиновом наоборот—параллельно шву идет спайность  $(001)$ ; но все-же решение первого вопроса служит большим подспорьем и предохраняет нас от могущих быть грубых ошибок.

В том случае, когда по найденным координатам оси  $B_{1,2}$  ищем № плагиоклаза и закон двойникового сростания, и на

<sup>1</sup> Об этом есть некоторые указания и у В. Соколова в его таблицах для определения минералов в шлифе (литографированный курс, издание студентов Горного Института), также в труде Усова, стр. 82, и в указанном труде В. В. Никитина.

диаграмме получается в пересечении трех плоскостей (геометрических мест точек) не точка, а треугольник, следует признать, что первоначальные наблюдения осей эллипсоида, а может быть и измерение углов между одноименными осями были не верны. В большинстве случаев получающийся треугольник очень мал, и центр тяжести его укажет № плагиоклаза.

Попробуем несколько поближе разобраться в том, так сказать, „идеальном“ случае, когда три плоскости, проведенные через одноименные оси эллипсоида обоих индивидов, дадут в пересечении точку. Как сказано выше, из трех осей эллипсоида наблюдается минимум две, связанные между собою тем положением, что одна ось должна лежать в плоскости, перпендикулярной другой оси (вообще говоря, проекции осей должны лежать в точках пересечения главных плоскостей эллипсоида). Значит, сделав ошибку в определении одной оси, а следовательно и перпендикулярной ей плоскости, мы неминуемо должны сделать ошибку в определении другой оси и плоскости, чтобы это условие соблюдалось, а следовательно, и третьей, как результат пересечения двух первых плоскостей. А в таком случае, если оси второго индивида нанесены правильно, точки в пересечении трех плоскостей, проведенных через одноименные оси обоих индивидов, получить уже невозможно. Только в том случае, если и во втором индивиде сделаны те же ошибки, в тех же плоскостях и того же знака, возможно снова схождение пересечения трех указанных плоскостей в одну точку.<sup>1</sup> Случай сам по себе исключительный. Ясно, что в идеальном случае по найденным координатам оси  $B_{1,2}$  на диаграмме должна получиться в пересечении трех плоскостей, представляющих собою геометрическое место точек оси  $B_{1,2}$ , образующей соответствующие углы с осями эллипсоида, снова точка, которая должна упасть на одну из кривых диаграммы. Если (мы разумеем идеальный случай) точка эта не упала на кривую, а лежит вблизи ее, то, пожалуй, при соблюдении всех вышеуказанных условий, вопрос трудно разрешить в пользу неправильности наблюдений осей элли-

<sup>1</sup> К тем двойникам, где одна или две пары одноименных осей близки к совпадению, наши рассуждения не приложимы: при более или менее точном совпадении одной или двух пар осей обоих индивидов получается неопределенное решение, раскрывающееся нанесением на сетку двойниковой плоскости и шва.

псоида. Действительно, стоит взглянуть на диаграмму двойниковых законов, прилагаемую Е. Стратановичем,<sup>1</sup> чтобы заметить, что кривые двойниковых законов приняты за 11 лет далеко не тот вид, какой имели. Что последнего слова о них еще не сказано, говорит и то, что А. С. Гинзберг для апортитов получил несколько другой вид кривой закона de l'Estereel и альбитового закона.<sup>2</sup> Заметим мимоходом, что в том случае, когда закон двойникового сростания редко попадающийся или нов, необходимо, как советует Федоров,<sup>3</sup> рядом повторных наблюдений возможно точнее установить положение осей эллипсоида, чтобы площадь треугольника погрешности привести к нулю и тем самым гарантировать себе некоторую возможность говорить о неправильности данной части кривой диаграммы или зафиксировать на диаграмме точку нового закона данного двойникового образования.

7. Так или иначе, координаты оси  $V_{1,2}$  дают нам указание о № плагиоклаза и законе двойникового сростания. Остальные данные уже не могут претендовать на такую точность и служат скорее проверкой работы. Сюда нужно отнести угол между оптическими осями. В цитированном труде Усова дается кривая (фиг. 41), связывающая величину угла оптических осей и №№ плагиоклазов, которой мы главным образом и пользовались, но любопытно то обстоятельство, что в курсе минералогии В. В. Никитина («Конспект минералогии, силикаты», изд. студентов Горного Института, 1914 г., стр. 123) даются данные, связывающие  $2V$  и № плагиоклаза, сильно расходящиеся с данными Усова. На рис. 1 скопирована кривая Усова (I) и кривая, вычерченная по данным Никитина (II). Такое резкое различие вызывало невозможность принять какую-либо диаграмму за истинную и на ней базироваться при определении № плагиоклаза. Приходилось углом оптических осей пользоваться только приближенно, поскольку того требует уяснение в случае двойственного решения вопроса, получающегося на двойниковой

<sup>1</sup> Е. Стратанович. Определение плагиоклазов по новейшему способу Федорова.

<sup>2</sup> См. А. Гинзберг. О некоторых искусственных бариевых алюмосиликатах. Сборник научных работ, посвященный профессору Ф. Ю. Левинсон-Лессингу в честь исполнившегося тридцатилетия его научно-педагогической деятельности, стр. 16—17.

<sup>3</sup> Усов, там же, стр. 32.

диаграмме. Что вопрос о зависимости угла оптических осей от химического состава еще ждет окончательного выяснения, служит хотя бы следующая выдержка из той же статьи Страталовича: Проф. Федоров замечает: «вследствие прихотливого и совершенно неправильного расположения кривых для оптических осей я должен был отказаться от этих кривых». И хотя диаграмма Усова в большинстве случаев весьма помогает делу, все же для плагиоклазов (от № 40 до № 80), где кривые построенные по данным Никитина и Усова сильно расходятся (см. рис. 1), приходилось сталкиваться с такими случаями, когда  $2V$  совсем не совпадал с найденным № плагиоклаза. Так, в шлифе 93 по координатам оси № плагиоклаза 73 закона  $\perp [100] \parallel (010)$ , по координатам спайности № 73 —  $74^{1/2}$ , по углам погасания 72—75, между тем, как  $2V$  для одного индивида =  $-80^\circ$ , а для другого =  $-75^\circ$  вместо должного  $-88^\circ$ .<sup>1</sup> В том же шлифе измерено другое зерно, давшее координаты для  $V_{1,2}$ , указывающие на № 69 манебахского закона (треугольник погрешности больших размеров, чем объясняется резкое различие в номерах), а между тем угол оптических осей снова =  $-80^\circ$ . Еще пример: шлиф № 48; по координатам оси  $V_{1,2}$  плагиоклаз № 70,  $2V = -88$ , что соответствует №№ 72—73; так как сферический треугольник вышел слишком великим, измеряем другое зерно; находим плагиоклаз № 75, но  $2V$  для обоих индивидов дал  $-80^\circ$ , что соответствует № 85.

8. Следующая проверка заключается в том, что, выбрав в каком-либо индивиде любую систему трещин, т.-е. спайность, наносят ее на сетку и обычным образом измеряют углы погасания во всех трех плоскостях:  $\perp N_g$ ,  $\perp N_m$  и  $\perp N_p$ . По таблицам Усова (см. рис. 2) находим № плагиоклаза и кристаллографическое значение спайности. При тщательном отношении к делу (условие, одно из важнейших при работе методом Федорова) все три значения № плагиоклаза по углам погасания сходятся между собою довольно близко, *если, конечно, данная спайность есть (010) или (001)*. Но, к сожалению, *для спайности (110) таких кривых не дается*, а между тем они могли бы служить большим подспорьем особенно в том случае, когда у нас нет другой спайности, кроме  $(1\bar{1}0)$ , или же когда двойниковая ось

<sup>1</sup> Первому случаю соответствует № 86, а второму — чистый анортит № 100.

закона, по которому образовался двойник, есть  $\perp(110)$ , тогда, проведя на сетке плоскость  $(110)$  и измерив по отношению к ней углы погасания, мы можем убедиться в правильности наших заключений. Видимая польза, которую можно извлечь, имея такие диаграммы, побудила нас вычертить их, согласно данным

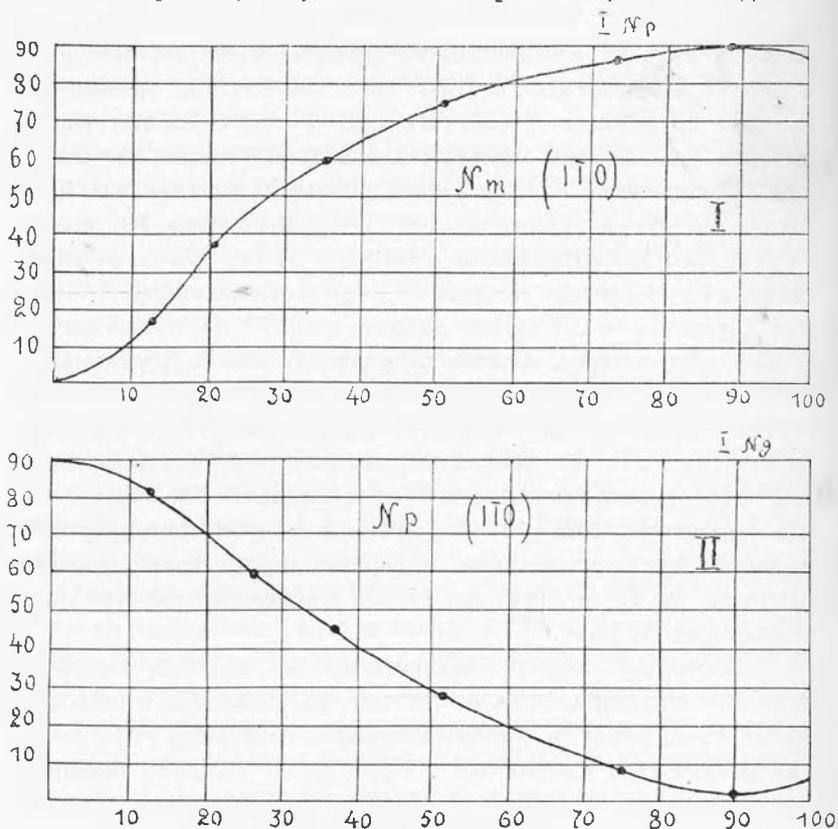


Рис. 3.

Диаграмма углов погасания плагиоклазов на плоскостях  $IN_p$  и  $IN_g$  относительно спайности  $(010)$ .

двойниковой диаграммы Усова (см. рис. 3). Ниже приводится таблица тех данных, которые получились, когда, пользуясь двойниковой диаграммой Усова для закона, ось которого есть  $\perp(110)$ , проводились плоскости для соответствующих номеров плагиоклаза и измерялись обычным путем углы погасания:

$AN$	0	13	25	37	52	75	100	плагиокл.
$\perp N_p$	0	$15\frac{1}{2}$	43	61	74	86	$86\frac{3}{4}$	углы
$\perp N_g$	90	81	62	45	$27\frac{1}{2}$	$7\frac{1}{2}$	$6\frac{1}{2}$	погасания.

Кроме этих цифр для ясности взяты путем интерполяции некоторые номера плагиоклазов, и для них найдены углы:

{	№№	21	28 <sup>1/2</sup>	89	91	плагиокл.
	⊥ N <sub>p</sub>	37	48 <sup>1/2</sup>	89	90	углы
	⊥ N <sub>g</sub>	67	57	1°	1°	погасания.

Так как кривая ⊥ N<sub>m</sub> дает весьма полого изгибающуюся линию, ею пользоваться для определения № плагиоклаза невозможно (поэтому в таблицах для нее и не даны цифры), остальные кривые при условии их точности должны давать правильные результаты. Заранее не претендуя на большую точность приведенных кривых, так как источник, которым пользовались мы, был единственный, все же на примерах (см. ниже и таблицу в конце) мы укажем на их приложимость. К сожалению, мысль дать подобные кривые пришла нам поздно, когда все плагиоклазы были уже определены, почему и данных ее целесообразности у нас не много. Укажем на один из них: шлиф № 111. Во всем шлифе трудно было подыскать двойник, который удовлетворял бы условиям свежести и величины—необходимым для измерения пометоду Федорова, за исключением единственного, измерение которого дало сравнительно небольшой треугольник погрешности с осью B<sub>1,2</sub> между N<sub>m<sub>1</sub></sub> и N<sub>m<sub>2</sub></sub>. Двойниковая ось доступна была непосредственному наблюдению, в силу чего зафиксировать ее на сетке и найти необходимые координаты было легко:

$$\angle B_{1,2} \begin{cases} N_p = 87 \\ N_g = 81 \dots 1/2, \text{ № } 74 \\ N_m = 9 \end{cases}$$

плагиоклаза и закон с осью ⊥ (110). Так как спайности ни одной не наблюдалось, точно также и оптические оси были вне поля зрения, нужно было находить поверку правильности вывода о № плагиоклаза другим путем. Так как перпендикулярно двойниковой оси идет плоскость (110),<sup>1</sup> то, нанеся ее на сетку, можно измерить углы погасания относительно плоскости (110). Получились цифры

$$\begin{aligned} \perp N_p &= 86 \frac{1}{2} \\ \perp N_g &= 9 - 9 \frac{1}{2} \end{aligned}$$

<sup>1</sup> Плоскость (110) в данном случае есть двойниковая плоскость, следовательно—плоскость симметрии для обоих индивидов, что и обнаруживается на сетке. Это лишний раз доказывает правильность вывода относительно закона двойникового образования.

По выше приведенным кривым видим, что эти углы погасания соответствуют довольно близко тому же 74 номеру.

9. Нанеся любую спайность на сетку, легко найти координаты полюса спайности. Допустим, что наблюдающаяся спайность есть (010). Тогда, зная что плоскость (010) есть плоскость шва альбитового закона, а перпендикуляр к (010) есть двойниковая ось того же закона, можно заключить, что проекция оси  $B_{1,2}$  должна совпадать с проекцией полюса спайности. Значит координаты полюса спайности (010) есть координаты оси  $B_{1,2}$  альбитового закона, почему на кривой двойниковой диаграмме должен получиться тот же № плагиоклаза по найденным координатам полюса спайности. Если спайность есть (001), ее полюс дает координаты двойниковой оси манебахского закона и т. д.

Нужно заметить, что иногда попадаются такие двойники плагиоклазов, в которых не видно спайности, и поверку 9-ю и 8-ю произвести невозможно, тогда на помощь может прийти хорошо развитая грань плагиоклаза. В этом случае нанеся на сетку наблюдающуюся грань и ее полюс, по координатам полюса, как двойниковой оси некоторого закона, легко найти № плагиоклаза, если, конечно, возможно двойниковое образование с осью  $B_{1,2}$ , перпендикулярною к наблюдающейся грани. В шлифе № 111, уже упомянутом, как раз представился такой случай:

Спайностей заметно не было, закон двойникового образования сравнительно редкий, и к тому же наблюдающийся двойник был единственный, поддающийся измерению. Некоторые грани плагиоклаза были хорошо развиты. Одна из них дает углы погасания  $\chi_{N_p} = 45$   
 $\chi_{N_m} = 87$  ; по кривым угасания видим, что это не есть  $\chi_{N_g} = 3^{1/2}$   
 грань ни (001), ни (010). Находим координаты полюса грани

$$\angle B_{1,2} \begin{cases} N_m = 45-46 \\ N_p = 46 \\ N_g = 83 \end{cases}$$

На кривых диаграммы двойниковых законов видим, что точке данного значения соответствует закон IX:  $\perp (021)$  и притом указывается на № 74. Итак, исследуемая грань есть (021), а № 74, получившийся тремя различными путями для плагиоклазов, верен.

10. Что касается остальных поверок, то их можно не производить, так как предыдущие данные дают полную уверенность

в номере плагиоклаза. Если этой уверенности нет, лучше взять другое зерно, легче поддающееся наблюдениям. Вообще же говоря, наблюдения этого пункта любопытны только с точки зрения подсчета тех количеств разнообразных данных, которые нам укажут номер плагиоклаза, чего нет во всех других методах исследования полевых шпатов.

### Метод Фукэ.

Как известно, метод Фукэ<sup>1</sup> заключается в том, что отыскиваются разрезы  $\perp a(N_p)$  и  $\perp c(N_g)$  и определяются углы погасания: в первом случае по отношению к полисинтетическим (альбитовым) двойниковым полоскам, а во втором — по отношению к спайности (001), и по таблицам определяется плагиоклаз. Собственно говоря, метод Фукэ не указывает нам № плагиоклаза, он дает возможность только отнести исследуемый плагиоклаз к той или иной группе, объединяющей своим названием целый ряд номеров — и одно это обстоятельство значительно умалит метод Фукэ по сравнению с методом Федорова. Если даже допустить возможность изображения кривою связи углов погасания с номерами плагиоклазов, все-таки точности, подобной работе по Федоровскому методу,<sup>2</sup> достичь невозможно. Главная причина заключается в тех условиях, которые поставлены при пользовании этим методом: 1) разрезы должны быть точно  $\perp N_p$  и  $\perp N_g$ , 2) двойниковые полоски должны быть альбитового закона и 3) в разрезах  $\perp N_g$  — спайность должна быть по (001). Оставляя пока в стороне первый пункт, остальные условия разберем в таком порядке:

1. Разрезы  $\perp a(N_p)$ . Во всех трудах и руководствах, имевшихся у нас под рукою: Rosenbusch, Weinschenk,

<sup>1</sup> F. Fouqué. Contribution à l'étude des feldspaths des roches volcaniques. Bull. Soc. franc. min. 1894, 17, 283.

<sup>2</sup> В методе Федорова, как мы видели, такие кривые даны, так что, собственно говоря, метод Фукэ целиком входит в Федоровский метод, но 1) данными этих кривых пользуемся скорее как поверочными, а не основными, 2) углы погасания измеряются точнее с помощью сетки, чем непосредственным наблюдением, 3) исключена возможность заблуждения, как это может быть при исследовании по методу Фукэ, где требуется, чтобы двойниковые швы были именно (010), а спайность именно (001) — в разрезе  $\perp$  острой биссектрисе.

Reinisch, Winchell, Лучицкий и др., где так или иначе трактуется метод Фуке, говорится именно об этих полисинтетических *альбитовых* полосках и обходится молчанием вопрос о целом ряде других законов, могущих дать те же полисинтетические сростки. Действительно, например, в реферате Вейншенка (в «Zeitschrift für Krystallographie und Mineralogie», 1898) на стр. 301 читаем: «Man bestimmt nun den Winkel zwischen der Ebene der optischen Axen und einer Krystallographischen Richtung, als welche letztere bei allen Feldspäthen in den Schnitten  $\perp a$  die Zwillingsgrenze der Albitlamellen <sup>1</sup> gewählt wird, während diese Richtung für Schnitte  $\perp c$  nur bei den basischen Feldspäthen zu verwerthen ist, da bei den sauren der betreffende Schnitt sehr nahe parallel zu (010) geht; hier bestimmt man den Winkel der Axenebene zur Spaltbarkeit nach P.». Точно также у Winchell («Elements of optical mineralogy» 1909, стр. 196) читаем: «...plagioclase is nearly always polysynthetically twinned on the albit law...» <sup>1</sup> и на стр. 211: «This angle is that made by the optic plane a twinning (albite) lamella, or with the cleavage parallel to (001)».

Лучицкий («Курс петрографии», 1910, стр. 90) говорит: «Разрезы, перпендикулярные биссектрисе  $\alpha$ , характеризуются тем, что почти перпендикулярно им идет плоскость М..., поэтому двойниковые плоскости выступают весьма резко... Разрезы, перпендикулярные  $\gamma$ , характеризуются тем, что... двойниковые полоски сильно размазаны, так как ось Е в одних плагиоклазах почти перпендикулярна к М, в других идет косо к этой плоскости».

Таким образом, разрезы  $\perp a$  ( $N_p$ ) должны иметь шов (010), что характеризуется полисинтетическими альбитовыми полосками.

«Между тем... непосредственно наблюдаемый под микроскопом след спайности и двойникового сростания далеко не всегда является следом (010)» (Стратанович, стр. 160), и к тому же обилие двойниковых законов, имеющих шов не по (010), а priori внушает опасения впасть в заблуждения, принимая все полисинтетические двойники за альбитовый закон, или шов (010). Действительно, следуя двойниковой диаграмме Усова и «Конспекту минералогии» В. В. Никитина, можно дать следующий ряд законов:

<sup>1</sup> Курсив наш.

I группа. Шов (010): 1) альбитовый, 2) карлсбадский, 3) сложный закон первой оси во втором пинакоиде  $\perp [100] \parallel (010)$ , 4) сложный закон третьей оси  $\perp [001] \parallel (010)$ , 5) закон первой оси.

II группа. Шов (001): 1) маннебахский, 2) периклиновый, 3) сложный закон первой оси в третьем пинакоиде (двойниковая кривая совпадает с периклиновой), 4) сложный закон второй оси (двойниковая кривая совпадает с 5 первой группы), 5) закон первой оси (тождественный таковому I группы).

III группа. Двойниковая ось: 1)  $\perp (1\bar{1}0)$ , 2)  $\perp (0\bar{2}1)$ , 3)  $\perp (021)$ , 4)  $\perp [010] \parallel (100)$ , 5)  $\perp (110)$  и 6) биссектриса угла  $[100] [001]$ , 7) угла  $[010] [001]$ , 8) угла  $[010] [100]$ .

Обилие законов двойниковых образований указывает нам прежде всего на то, что *от внимания наблюдателя, не пользующегося столиком Федорова, ускользает целая интересная область двойников*, а затем не дает уверенности в том, что действительно наблюдающийся шов, относительно которого измеряется угол погасания в разрезах  $\perp a$ , есть действительно (010). Только для первой группы законов это условие соблюдается, для остальных, как видели, шву принадлежат другие кристаллографические значения, почему только для первой группы законов метод Фукэ в разрезах  $\perp a$  ( $N_p$ ) дает необходимые (истинные) значения. Какой-либо правильный критерий для отличия законов первой группы от остальных подобрать трудно, почти невозможно, ибо полисинтетические двойники, столь характерные для альбитового закона, присущи не только им одним—это, во-первых, <sup>1</sup> а во-вторых, полисинтетические полосы попадаются в шлифе не всегда. Не всегда и двойники альбитового закона дают полисинтетические полосы. Так в шлифе № 80 имеем двойник по альбитовому закону, который с первого взгляда за таковой принять нельзя, тоже наблюдалось и в целом ряде других шлифов; и наоборот в шлифе № 56 имеем полисинтетические полосы закона  $\perp [100] \parallel (010)$ , а не альбитового, в № 93, закон с осью  $\perp (110)$ , и т. д.

Таких примеров можно привести достаточное количество, и все они говорят за то, что *полисинтетические двойники не могут нас гарантировать от ошибок*. Отсылая читателя за более под-

<sup>1</sup> Относительно периклинового закона Лучинский на стр. 83 говорит: «Периклиновые двойники тоже полисинтетические».

робными сведениями о двойниках к «Универсальному методу Федорова» В. В. Никитина, позволим себе привести здесь некоторую выдержку из его же «Конспекта минералогии» («Силкаты», стр. 116):

«Некоторые из приведенных двойниковых законов трудно констатировать с полной уверенностью в виду малого их различия между собою. Так, например, очень близки по положению двойниковые оси законов 2-го пинакоида (альбитового), 2-ой оси (периклинового) и сложного 1-ой оси в 3 пинакоиде. Закон 2-го пинакоида может быть выделен от двух других по тому признаку, что в нем двойниковым швом является 2-ой пинакоид...<sup>1</sup> Точно также близки к совпадению двойниковые оси законов: 1) 3-го пинакоида (маннебахский) и сложного 1-ой оси во 2 пинакоиде, 2) 1-ой оси и сложного 2-ой оси в 3 пинакоиде. Эти двойниковые законы различаются по плоскости двойникового шва.<sup>1</sup> Еще чаще, чем для бавенского закона, наблюдаются сложные двойниковые сростки для только что рассмотренных нами законов, обуславливаемых 2-м и 3-м пинакоидом. Особенно обычны двойники, в которых два двойника по одному и тому же закону, и, следовательно, симметрично однозначных друг другу, сростаются между собою таким образом, что их соприкасающиеся индивиды оказываются не в параллельном положении, а в двойниковом при том по закону, не тождественному закону, связывающему индивиды каждого из отдельных двойников, а по одному из других законов, определяемых той же двойниковой плоскостью».

При определении плагиоклазов по методу Фукэ учесть все это, строго говоря, невозможно, и принимая шов за (010), хотя бы в полисинтетических сростках, мы не всегда гарантированы в том, что это так и есть на самом деле. Метод же Федорова дает возможность вполне раскрыть природу двойника, не вводя заранее никаких предположений о кристаллографическом значении шва и закона двойникового сростания.

Затем, при методе Фукэ опираются еще на то, что в разрезах  $\perp a$  «двойниковые полосы выступают весьма резко» (Лучицкий, стр. 90), но это справедливо только для плагиоклазов от альбита до андезина (это легко сообразить и по чертежам E. Weinschenk «Die gesteinsbildenden Mineralien», S. 206).

---

<sup>1</sup> Курсив наш.

От лабрадора до анортита такие разрезы уже не дадут столь резких полосок. Кроме того в разрезах, отклоненных от  $\perp a$  до  $20^\circ$ , как в плоскости, перпендикулярной к  $N_g N_p$ , так и в самой плоскости, метод Фукэ, как нам кажется, и в чем мы убеждались на практике, применять все-таки можно, а в таких случаях уже и для андезина двойники со швом (001) могут дать достаточно резкие полоски. Тем более представляется трудным отличить по резкости двойниковых полосок в разрезах, близких к  $\perp a$ , шов (001) от требуемого шва (010) для плагиоклазов лабрадор-анортит. Значит, *признак этот не является существенным*, и опираться на него при исследовании полевых шпатов по методу Фукэ возможно с некоторым основанием, только имея дело с плагиоклазами, не основнее олигоклаза. Вообще говоря, в разрезах, близких к перпендикулярности относительно  $N_p$ , легко принять шов (001) за шов 2-го пинакоида (тем легче, чем плагиоклаз основнее) и получить данные, сильно расходящиеся от прилагаемых в таблицах, а, как видели, двойников со швом (001) много, и встречаются они довольно часто (см. копию двойниковой диаграммы Усова, рис. 1).

Что же касается разрезов  $\perp c$  ( $N_g$ ), то о них то же самое можно сказать еще с большим весом, так как кроме шва здесь предполагается известным еще и кристаллографическое значение спайности. В действительности *не всегда спайность, видимая в разрезах  $\perp c$  ( $N_g$ ), [спайность (010) в этих разрезах не наблюдается под микроскопом] принадлежит третьему пинакоиду*, так как, кроме (010) и (001), для плагиоклазов известны спайности и по другим направлениям. Так, В. В. Никитин в „Конспекте минералогии“ говорит: «Для дополнения характеристики в кристаллографическом отношении можно упомянуть еще о грубой и не всегда отчетливо проявляющейся спайности полевых шпатов по плоскостям (110)».<sup>1</sup> Усов на стр. 114 трактует о том же так: «Выше мы полагали, что кристаллографическое значение плоскости спайности нам известно. Но отличить спайность по внешнему ее проявлению, собственно, нельзя, тем более, что иногда и второстепенная спайность по (110) или (111) достигает значительного совершенства. Таким образом, сначала нужно определить характер спайности, а потом уже приступить к нахождению № плагиоклаза». При работе же методом Фукэ

<sup>1</sup> Курсив наш.

предполагается известным кристаллографическое значение спайности — (001), определяют относительно ее угол погасания и тем—самый плагиоклаз.

Если основываться на том, что в разрезах  $\perp$  с „двойниковые полосы сильно размазаны“ (Луцицкий, стр. 90), и спайность (001) должна быть почти перпендикулярна этим полоскам,— легко впасть в ошибку, так как, во-первых, в таких разрезах (см. черт. Weinschenk размазанность при некоторых и незначительных отклонениях от  $\perp$  с могут дать и двойники со швом (001) особенно для основных плагиоклазов,— не говоря уже о других законах двойниковых образований, и, во-вторых, спайность по плоскостям (110) или плоскостям (111), нередко единственная видимая в шлифе, может быть принята ошибочно за спайность (001). Нужно принять во внимание еще и то обстоятельство, что в разрезах  $\perp$  а интервалы в углах погасания для некоторых групп плагиоклазов весьма невелики (андезин —  $68^\circ$ , лабрадор —  $65^\circ$ , лабрадор-битовнит —  $58^\circ$ , битовнит —  $57^\circ$ , анортит —  $55^\circ$ , а точность установки на темноту не выше  $2^\circ$ , и что разрезы  $\perp$  с находятся, вообще говоря, с большим трудом, почему при определении плагиоклазов по методу Фукэ приходится сталкиваться иногда с разноречивыми выводами (если шлифы не сделаны специально требуемых разрезов), в силу чего и определение плагиоклаза бывает довольно затруднительным.

Как сказано выше, те зерна плагиоклазов, разрезы которых близки к перпендикулярности к  $N_p$  или  $N_g$ , при нашей работе определялись и по методу Фукэ не столько с целью подтвердить найденный № плагиоклаза по Федоровскому методу,— ибо метод Фукэ дает возможность отнести исследуемый плагиоклаз только к известной группе их, без указания на №,— сколько с целью выяснить те ошибки и погрешности, которые могут быть в случае пользования одним методом Фукэ. Собственно говоря, столиком Федорова можно достичь того, что одна из осей  $N_p$  или  $N_g$  будет совмещена с осью микроскопа, и, таким образом, плагиоклаз возможно определять по способу Фукэ, но мы этим не пользовались, в силу указанной выше причины, а нами брались для определения по Фукэ только те зерна плагиоклазов, разрез которых в шлифе близок к  $\perp N_p$  или  $\perp N_g$ — условия, в которых обычно работает исследователь, не пользующийся столиком Федорова.

Нижеприведенные примеры можно разбить на две группы: первая, в которой данные по Фукэ указывают приблизительно на тот же № плагиоклаза по таблицам Вейншенка,<sup>1</sup> в силу имеющихся налицо необходимых условий, и вторая, где метод Фукэ указывает на № плагиоклаза, сильно расходящийся с данными, полученными по методу Федорова, в виду заведомо ошибочных предположений: или шов, который в действительности есть (001), принят за (010), или в разрезах  $\perp$  с спайность принята за (001), чего нет на самом деле. Для простоты по данным Вейншенка, где вместо частичного содержания Ап бралось его процентное содержание, построена была кривая, связывающая углы погасания и № плагиоклаза, которой мы и пользовались для определения № по углам погасания.

## П Р И М Е Р Ы.

### *I группа.*

$$1. \text{ Шлиф 66. Координаты оси: } \angle B_{1,2} \begin{cases} N_g = 13\frac{1}{4}^\circ \\ N_m = 78^\circ. \text{ Альбитовый} \\ N_p = 89^\circ \end{cases}$$

закон № 8—9. Полюс спайности (001), и углы погасания приблизительно указывают на тот же номер;  $2V = 82^\circ - 81^\circ$  указывает на № 9.

Метод Фукэ в среднем дает угол погасания  $15^\circ$  (гиперболы сходятся почти в центре), что соответствует приблизительно тоже небольшому номеру, но все-же расходящемуся с нашим, а именно № 2-му. Так как метод Фукэ не претендует на номер плагиоклаза, то и расхождение в семь номеров приходится признавать, с точки зрения точности метода Фукэ, ошибкой, не выходящей за пределы точности, ибо и тот и другой номер указывают на альбитовую группу плагиоклазов.

$$2. \text{ Шлиф 91. Координаты оси: } \angle B_{1,2} \begin{cases} N_m = 10\frac{1}{2} - 11^\circ \\ N_g = 88^\circ \quad \text{Закон} \\ N_p = 79\frac{1}{2}^\circ \end{cases}$$

или маннебахский или сложный закон 1-ой оси во 2-м пинакоиде. Так как ось  $B_{1,2}$  лежит в плоскости шва, решаем вопрос

<sup>1</sup> E. Weinschenk. Die gesteinsbildenden Mineralien, 1907 г. Таб. 16, рубрики 18 и 19.

в пользу второго закона. Шов таким образом (010). Плагиоклаз № 30. Спайность  $\perp$  шву дает углы погасания  $\leq N_g = 74^\circ$ .  $Y N_p = 5^\circ$  и  $X N_m = 73^\circ$ , что указывает на № 31 и спайность (001).

Координаты полюса спайности с  $\begin{cases} N_g = 72^\circ \\ N_m = 18^\circ \\ N_p = 83^\circ \end{cases}$  указывает на № 31

маннебахского закона,  $2V = -88^\circ$  дает № 35. Итак, плагиоклаз № 30—31. Угол погасания по Фукэ (гиперболы сходятся почти в центре) дает цифру от  $12^\circ$  до  $17^\circ$ , в среднем  $14\frac{1}{2}^\circ$ , что соответствует № 32—33. Ясно, что в данном случае, имея закон двойникового срастания  $\perp [100] \parallel (010)$ , у которого шов (010), и приняв его за альбитовый, должны были получить значение угла погасания, близкое к истинному.

3. Шлиф 61. Координаты оси:  $\angle B_{1,2} \begin{cases} N_g = 80\frac{1}{2}^\circ \\ N_m = 9\frac{1}{2}^\circ \\ N_p = 88^\circ \end{cases}$ . Закон

$\perp [100] \parallel (010)$ , № 29. Полюс спайности дает углы

$$с \begin{cases} N_m = 15^\circ \\ N_p = 85^\circ - 87^\circ \\ N_g = 75^\circ \end{cases}$$

по маннебахскому закону № 31; углы погасания той же спайности

$$\begin{aligned} Z N_g &= 86^\circ \\ X N_m &= 76\frac{1}{2}^\circ \\ Y N_p &= 40^\circ \end{aligned}$$

указывают на № 30—31, спайность (001). Угол оптических осей  $2V = -89^\circ$  дает № 35—36. Принимая во внимание малую точность определения № плагиоклаза по углу между оптическими осями и точность совпадения первых трех цифр, номер плагиоклазу можно дать 30-й. Это же зерно по Фукэ (гиперболы сходятся почти в центре) дает угол погасания в среднем  $14^\circ$ , т. е. номер не выше 32-го. Рассуждения те же, что и для 2-го примера.

4. Шлиф 112. Координаты двойниковой оси:

$$\angle B_{1,2} \begin{cases} N_g = 14^\circ \\ N_m = 76^\circ \\ N_p = 87\frac{1}{2}^\circ \end{cases}$$

указывают № 33—34 альбитового закона. Ось  $\perp$  шву—значит

закон верев. По углам погасания  $X N_m = 72^\circ$   
 $Y N_p = 8^\circ - 7^\circ$  получим № 34  
 $Z N_g = 69^\circ$

спайности (001). Координаты полюса спайности указывают № 33 маннебахского закона,  $2V = 90^\circ - 91^\circ$  дает № 36—37. Итак, плагиоклаз № 33—34.

Угол погасания по Фукэ получился из целого ряда отсчетов равным  $10^\circ$ , что указывает № 25. Здесь относительно такого сильного расхождения можно повторить все то, что сказано в примере 1-м, учитывая еще точность установки на темноту и некоторое отклонение от перпендикулярности—схождение гипербол все-таки наблюдается, хотя угол отклонения от перпендикулярности около  $21^\circ$ .

### II группа.

Ограничиваясь этими примерами из 1 группы, перейдем к примерам II группы, где метод Фукэ указывает на плагиоклаз, не соответствующий действительности.

1. Тот же шлиф 112, в разрезе  $\perp c$  видно две трещины; угол погасания по одной трещине  $8 - 7 \frac{1}{2}^\circ$  в среднем, по другой —  $23^\circ - 21^\circ$ . Если допустить, что какая-либо трещина принадлежит спайности (001), получим для первого угла плагиоклаз № 16 или 41, для другого около № 50. Как видно, получаются самые разнообразные данные и притом далекие от истины.

Исследуем это зерно столиком Федорова. Вследствие неблагоприятного для исследования методом Федорова сечения, по координатам двойниковой оси:

$$\angle B_{1,2} \begin{cases} N_p = 89 \\ N_m = 81 \frac{1}{2} \\ N_g = 81 \frac{1}{2} \end{cases}$$

получаем № 28 альбитового закона (шов  $\perp$  к оси). Исследуем ту и другую трещину и находим углы погасания во всех трех

плоскостях: для I трещины  $Z N_g = 7^\circ - 6^\circ$   
 $Y N_p = 80 \frac{1}{2}^\circ$   
 $X N_m = 62^\circ$

для II-й трещины:  $Z N_g = 2^\circ$   
 $X N_m = 75^\circ$   
 $Y N_p = 65^\circ$

По кривым для углов погасания видим, что это не есть спай-

ность ни (001), ни (010), ни (110). Следовательно эти трещины, случайны. Координаты полюсов трещин:

$$\text{полюс I трещ. с } \begin{cases} N_g = 84^{1/2}^\circ \\ N_p = 12^{1/2}^\circ \\ N_m = 80^\circ \end{cases}$$

$$\text{полюс II трещ. с } \begin{cases} N_g = 86^{1/2}^\circ \\ N_p = 26^{1/2}^\circ \\ N_m = 65^\circ \end{cases} . \text{ Точки не падают ни на одну из}$$

кривых двойниковой диаграммы, что подтверждает наше предположение.<sup>1</sup> А раз эти трещины случайны, неудивительно, что углы погасания по Фукэ не дали подходящего результата. Но доказать, что данные трещины не принадлежат спайности (001), можно было только с помощью Федоровского столика.

2. Шлиф 113. По Федоровскому методу получили плагиоклаз № 33 периклинового закона;  $2V = -86^\circ$  указывает № 34. Спайность развита слабо; по координатам близка к (110). Разрез близок к  $\perp$  с. По Фукэ (гиперболы сходятся почти вне поля зрения), принимая наблюдающиеся трещины за спайность (001), получаем угол погасания около  $36^\circ$ , что указывает на лабрадор-битовнит. Картина, таким образом, аналогична предыдущей: надо сначала убедиться в том, что кристаллографическое значение спайности есть именно 3-й пинакоид, и тогда только определять углы погасания.

3. Шлиф 84. По координатам оси:

$$\angle B_{1,2} \begin{cases} N_g = 31^{1/2}^\circ \\ N_m = 59^{1/2}^\circ \\ N_p = 79^\circ \end{cases}$$

находим номер плагиоклаза 50 — 52 периклинового закона (ось  $B_{1,2}$  лежит в плоскости нива);  $2V = 71^\circ - 73^\circ$  указывает приблизительно тот же номер. Наблюдается спайность, при чем трещины этой спайности расходятся под очень острым углом. Исследуя одну из трещин (а) по углам погасания видим, что она не принадлежит ни (010), ни (001):

$$\begin{array}{l} \text{углы погасания} \\ \begin{array}{l} XN_m = 75^\circ \\ YN_p = 27^\circ \\ ZN_g = 29^{1/2}^\circ \end{array} \end{array} . \text{ Для первых двух значений, по}$$

По диаграмме VIII В. В. Никитина первую трещину можно отнести к грани (201)—плагиоклаз № 25, а вторую с некоторой натяжкой к (100)—№ плагиоклаза около 28. К сожалению, диаграмма В. В. Никитина была получена нами после того, как все плагиоклазы были определены, и эта статья уже написана.

кривой, приложенной выше, находим довольно точно тот же № 52. Таким образом, спайность имеет кристаллографическое значение (110). Координаты этой спайности:

$$\angle \text{полюса сп. с} \begin{cases} N_p = 65^\circ \\ N_m = 29^\circ \\ N_g = 77^\circ \end{cases} \text{— № 52 по закону, двойниковая ось ко-}$$

торого есть  $\perp$  (110). Предположение наше справедливо (см. выше). Другая трещина (в) уже не дает такого ясного представления о № плагноклаза (на двойниковой диаграмме получается сравнительно большой треугольник и № около 60), почему заключаем, что трещина (в) не соответствует истинному направлению грави (110), хотя и принадлежит этой плоскости.

Исследуем это зерно по методу Фукэ (схождение гипербол наблюдается неважно). Находим для спайности (а), т. е. действительной спайности (110), принимая ее за (001), угол погасания  $28^\circ$ , что соответствует № 57; для трещины (в), которая не соответствует истинному направлению спайности (110), угол погасания в  $22^\circ$ , что точно указывает на № 52. Картина получилась как раз обратная тому, что дало исследование трещин методом Федорова. Дело слепого случая — получить верное значение по трещине, которая не соответствует спайности (001).

Таким образом, исследуя плагноклазы по методу Фукэ, мы приписываем шву и спайности определенное кристаллографическое направление и в то же время не имеем критерия для оценки своих предположений. Отсюда целый ряд ошибок, особенно в разрезах  $\perp$  с, где за известные принимаются не один, а два кристаллографические значения: шов и спайность. Дело ухудшается еще тем обстоятельством, что в разрезах  $\perp$  а, принимая шов (001) за (010), будем получать углы погасания, не настолько уже резко отличающиеся от требуемых, чтобы сразу ошибка могла броситься в глаза. В большинстве случаев мы получим данные, которые укажут нам на плагноклаз группы соседней с той (см. табл. 1, стр. 224), которая есть на самом деле нередко еще теснее, и в таком случае легко счесть полученные данные за истинные и тем самым неверно определить плагноклаз. То же самое можно сказать относительно разрезов  $\perp$  с. Если шов (001) принять за (010),<sup>1</sup> а спайность (110)—о дру-

<sup>1</sup> Имея шов по (010), ошибочно все-таки можно спайность (110) принять за (001), и в таком случае рассуждения останутся справедливыми.

гих мы не говорим — за (001), то ошибка не всегда может быть обнаружена, так как не для всех групп плагиоклазов разница в углах погасания, получившихся и требуемых, будет резко очерчена. Кроме того, различные авторы для одних и тех же наименований групп плагиоклазов дают различные химические составы, отсюда — как следствие — и различные углы погасания, что еще более расширяет возможность неправильного определения плагиоклазов методом Фука по неверным данным.

Ниже приводится таблица (1), первая и четвертая вертикальные рубрики которой приводят данные Вейншенка<sup>1</sup> для углов погасания в разрезах  $\perp a$  и  $\perp c$ ; вторая и пятая — данные Усова, взятые из кривых, приложенных в цитированном уже труде „Федоровский метод“; третья рубрика содержит углы погасания, которые получатся, если ошибочно принять шов (001) за (010) в разрезах  $\perp a$  — данные взяты из той же диаграммы; шестая — углы погасания в разрезах  $\perp c$  для спайности (110), взятые из кривой, приложенной в настоящей работе. В графиках первой, третьей и шестой для ясности брались не самые углы, а их дополнения до  $90^\circ$ , если углы погасания превосходили  $45^\circ$ .

Таблица 1.

		I Данные Вейн- шенка $\perp a$	II Данные Усова $\perp N_p$	III Неправиль- ные дан- ные. <sup>2</sup>	IV Данные Вейн- шенка $\perp c$	V Данные Усова $\perp N_g$	VI Неправиль- ные дан- ные. <sup>3</sup>
0	Альбит . . . . .	16	20	8	$19\frac{1}{2}$	20	0
$14\frac{1}{2}$	Альбит-олигоклаз . .	$5\frac{1}{2}$	$9\frac{1}{2}$	15	13	13	11
20	Олигоклаз . . . . .	7	$8\frac{1}{2}$	$13\frac{1}{2}$	3	5	20
33	Олигоклаз-андезин .	15	11	18	5	$7\frac{1}{2}$	39
40	Андезин . . . . .	22	16	26	7	16	40
50	Лабрадор . . . . .	24	24	34	22	24	29
60	Лабрадор-битовнит .	32	31	41	32	32	20
80	Битовнит . . . . .	33	33	32	42	56	5
100	Анортит . . . . .	35	32	19	48	68	6

<sup>1</sup> Weinschenk, l. c.

<sup>2</sup> Углы погасания относительно шва (001).

<sup>3</sup> Углы погасания относительно спайности (110).

Как видно, для плагиоклазов первых трех групп „неправильные“ данные варьируют в пределах тех же цифр, что и требуемые, как в разрезах  $\perp a$ , так и  $\perp c$ . Именно углы погасания по Вейншенку для плагиоклазов  $Ab-Ol$  изменяются в пределах от  $16^\circ$  до  $7^\circ$  в разрезах  $\perp a$  и от  $19^\circ$  до  $3^\circ$  в разрезах  $\perp c$ ; неправильные данные, т. е. те углы погасания, которые получаются, если принять в разрезе  $\perp a$  шов (001) за (010), а в разрезе  $\perp c$  спайность (110) за спайность по (001), для тех же групп плагиоклазов изменяются в пределах от  $8^\circ$  до  $13^\circ$  в разрезах  $\perp a$  и от  $0^\circ$  до  $20^\circ$  в разрезах  $\perp c$ .

Приблизительно то же наблюдается для остальных групп. В качестве примера возьмем лабрадор. Неправильная цифра в разрезе для него стоит 34; учитывая могущие быть отклонения от  $\perp a$  и точность установки, легко получить цифру  $32^\circ$ ; в разрезе  $\perp c$  „неправильная“ цифра —  $29^\circ$ . Таким образом получились данные для лабрадор-битовнита. В последнем из указанных выше примеров и был как раз такой случай, когда разрез  $\perp c$  дал угол  $22^\circ$  — по неправильной трещине спайности (110), между тем как правильная трещина спайности (110) указывала уже на лабрадор-битовнит. Разноречивые углы погасания, которые обычно получаются при петрографическом определении одной и той же породы по методу Фукэ, зависят, быть может, скорее не столько от точности установки и отклонения разреза от перпендикулярности к  $a$  или  $c$ , как это принято думать, сколько от неправильного вывода о кристаллографическом значении шва и спайности. В дипломной работе Л. Д. Варданянца,<sup>1</sup> хранящейся в Минералогическом Кабинете Дон. Пол. Инст., можно видеть в этом подтверждение. Так, в шлифах:

Шлиф № 335 (стр. 15):	Шлиф № 359:	Шлиф № 674 (стр. 14)
$\perp a$ — $78,5^\circ$ ; $75^\circ$ .	$\perp a$ $73, 5^\circ$ ; $73, 5^\circ$ ; $76^\circ$ , 5.	$\perp a$ $75^\circ$ ; $76^\circ$ ; $75^\circ$ ; $74^\circ$ ; $75^\circ$ .
$\perp c$ $21^\circ$ ; $12^\circ$ , $5^\circ$ .	$\perp c$ $5,5^\circ$ ; $15^\circ$ .	$\perp c$ $0^\circ$ , $14^\circ$ .

Автор, видимо, тщательно относился к делу и давал все цифры, которые получались у него при определении углов погасания по методу Фукэ, основываясь только на перпендикулярности разреза к биссектрисам, между тем как малые цифры

<sup>1</sup> Л. Д. Варданянц. Петрографическое и минералогическое исследование месторождения вольфрамита и шеелита близ ст. Хара-Нор Заб. ж. д. 1918.

для углов погасания в разрезах  $\perp$  с получались, вероятно, потому что наблюдающаяся спайность принадлежала не третьему пинакoidу, а грани  $(1\bar{1}0)$ , на что указывают сравнения его данных с данными приведенной таблицы.

**Изменение угла погасания по Фукэ в зависимости от неперпендикулярности разреза к оси  $N_p$  или  $N_g$ .**

В „Zeitschrift für Krystallographie und Mineralogie“, том 26, стр. 302 (реферат Вейншенка о работе Фукэ) приводится мысль Фукэ о том, что в разрезах отклонение от перпендикулярности к оси  $N_p$  или  $N_g$  на  $10^\circ$  влечет за собою изменение угла погасания на  $5-8^\circ$ , так что для альбита, в разрезе, отклоненном на  $10^\circ$  от перпендикулярности к  $a$ , получается цифра  $76^\circ 30'$  вместо  $73^\circ$ . С целью подтверждения и проверки изложенной мысли Фукэ можно сравнить углы погасания, получившиеся по сетке с вышеприведенными по методу Фукэ.

1. Шлиф 112. По I трещине 2-го индивида угол погасания  $9\frac{1}{2}$  по сетке, и  $8-7\frac{1}{2}$  по Фукэ. Разница не превосходит точности наблюдения, а между тем отклонение от перпендикулярности равно  $17^\circ$ .

2. Шлиф 112. По II трещине первого индивида угол погасания по сетке равен  $65^\circ$ , т. е.  $90-65=25^\circ$ ; по Фукэ угол погасания относительно той же трещины равен  $23^\circ$ ; расхождение опять-таки не превосходит точности наблюдения и шире, чем в первом случае, а между тем отклонение от перпендикулярности оси  $N_g$  к плоскости разреза не превосходит  $3\frac{1}{2}^\circ$ .

3. Шлиф 113. Угол погасания по сетке равен  $35^\circ$  ( $90-55=35^\circ$ ), по Фукэ  $36^\circ$ ; отклонение от перпендикулярности около  $34^\circ$ .

4. Шлиф 84. Для спайности (а) имеем по сетке угол погасания  $27^\circ$ . Для спайности (а) имеем по Фукэ угол погасания  $28-27^\circ$ . Разница составляет максимум один градус, а между тем отклонение оси  $N_g$  от перпендикулярности равно  $8^\circ$ .

Примеры 1 и 4 показывают, что *малое отклонение от перпендикулярности в разрезах  $\perp$  с не влияет заметно на величину угла погасания*; с другой стороны пример 2-ой показывает расхождение должной и получившейся цифры в  $2^\circ$ , несмотря на то, что отклонение от перпендикулярности едва достигает 4-х градусов. Обратное, пример 3-й указывает на противоположное:

большое отклонение от перпендикулярности вызвало расхождение в  $1^\circ$ , хотя отклонение от перпендикулярности весьма велико —  $34^\circ$ .

Таким образом, если бы мысль Фукэ была *безусловно справедлива*, то расхождение в углах погасания должно было быть значительно большим, особенно в примерах первом и третьем. Между тем этого не наблюдается. К сожалению, из всех двойников, имевших разрез близкий к  $\perp c$ , с которыми приходилось иметь дело, не было ни одного, где видна была бы спайность по (001). Но если для различных трещин, имеющих различное кристаллографическое значение, не видно такого сильного колебания в величине угла погасания в зависимости от неперпендикулярности разреза, то едва ли можно допустить, что спайность (001) будет являться исключением.

Не так рельефно можно это доказать и в разрезах  $\perp a$  на вышеприведенных примерах. Дело в том, что по Фукэ угол погасания в этих разрезах отсчитывается относительно двойникового шва, который Федоровским методом наносится менее точно, и к тому же положение его на сетке нужно нам постольку, поскольку этого требует решение вопроса о том, лежит ли двойниковая ось в плоскости шва или ей перпендикулярна. Правда, плоскость шва параллельна спайности (010), следовательно, можно было нанести на сетку эту спайность и узнать необходимые углы погасания для сравнения с непосредственно наблюдающимися углами погасания по Фукэ, но среди данных приведенных примеров нет наблюдений спайности (010). Вопрос можно решить несколько иначе.

Так как в альбитовом законе перпендикулярно двойниковой оси идет плоскость (010), являющаяся в то же время двойниковой плоскостью, т. е. плоскостью симметрии однозначных направлений обоих индивидов, ясно, что такую плоскость легко провести на сетке: она будет проходить через биссектрисы углов, образуемые осями  $N_{m_1}$  с  $N_{m_2}$  и  $N_{p_1}$  с  $N_{p_2}$ .<sup>1</sup> Точка пересечения этой плоскости с плоскостями  $N_g N_m$  эллипсоидов дает возможность измерить необходимый угол погасания в разрезе  $\perp N_p$  относительно плоскости (010). Решение в приведенных примерах несколько упрощается тем, что оси  $N_{p_1}$  и  $N_{p_2}$  близки к совпадению, почему близки к совпадению и плоскости  $N_{g_1} N_{m_1}$

<sup>1</sup> См. В. В. Никитин. Универсальный метод Федорова, вып. III.

и  $N_{g_2}$ ,  $N_{m_2}$ . В силу этого достаточно найти биссектрису угла между  $N_{m_1}$  и  $N_{m_2}$  и относительно ее измерить угол погасания с осями  $N_{m_1}$  и  $N_{m_2}$ . Попросту говоря: разделив угол пополам между осями  $N_{m_1}$  и  $N_{m_2}$ , мы сразу получим необходимый угол погасания, расходящийся едва ли больше одного градуса с тем углом погасания, который получится путем непосредственного проведения двойниковой плоскости, т. е. плоскости (010). Для законов  $\perp [100] \parallel (010)$  плоскость (010) есть плоскость шва, в которой лежит двойниковая ось; так как оси  $N_{p_1}$  и  $N_{p_2}$  близки к совпадению, угол погасания относительно спайности (010) находится точно таким же образом. Половину угла между  $N_{m_1}$  и  $N_{m_2}$  можно взять непосредственно из данных для координат двойниковой оси. Итак:

Пример 1. Шлиф 66. Угол оси  $V_{1,2}$  с осью  $N_m = 78^\circ$ , т. е. угол погасания  $90^\circ - 78^\circ = 12^\circ$ . По Фукэ получили  $15^\circ$ ; различие выражается в  $3^\circ$ . Отклонение от  $\perp$  равно  $10^\circ$ . Нужно заметить, что по кривым Усова угол в  $12^\circ$  соответствует довольно близко истинному номеру плагиоклаза, а именно восьмому, угол в  $15^\circ$  указывает на № 4; по Фукэ, как видели, угол в  $15^\circ$  соответствует № 2. Как видели (см. таблицу 1 на стр. 224) данные углов погасания для одних и тех же номеров плагиоклаза Вейншенка и Усова разнятся между собою иногда довольно значительно.

Пример 3. По сетке угол погасания  $9\frac{1}{2}^\circ$ , по Фукэ  $14^\circ$ , расхождение в  $4\frac{1}{2}^\circ$ , отклонение от перпендикулярности  $4^\circ - 6^\circ$ . (По кривым Усова угол в  $9\frac{1}{2}^\circ$  указывает на № 29, т. е. истинный).

Пример 4. Шлиф 91. По сетке угол погасания равен  $10\frac{1}{2}^\circ - 11^\circ$ , по кривым Усова номер плагиоклаза 32—33, истинный 30—31. По Фукэ  $14\frac{1}{2}^\circ$ . Расхождение в  $3\frac{1}{2}^\circ$ ; отклонение от перпендикулярности около  $10^\circ$ .

Казалось бы эти цифры как нельзя лучше говорят в пользу справедливости мысли Фукэ; но следующий пример не подтверждает этого.

Пример 5. Шлиф 112. Угол погасания по сетке  $90^\circ - 76^\circ = 14^\circ$ , по кривым Усова плагиоклаз № 36, истинный 33—34. По Фукэ угол погасания равен  $10^\circ$ , различие в  $4^\circ$ , а между тем отклонение от перпендикулярности велико; больше  $20^\circ$ . Если бы мысль Фукэ была безусловно верна, расхождения следовало бы ждать более резкого.

В целях дальнейшего изучения этого вопроса в шлифе 112 был выбран разрез плагиоклаза, близкий к  $\perp N_p$ , и при различных наклонах возле оси J или H, или той и другой вместе измерялся угол погасания непосредственно на столике Федорова (с малым объективом). Результаты приведены ниже в таблице 2. С осью J совмещена ось  $N_g$ ; шов есть (010), закон двойника — альбитовый и № плагиоклаза 33 — 34. При точной установке перпендикулярности разреза — угол погасания  $\perp N_p$  относительно шва равнялся  $15^\circ$ — $16^\circ$ , что по таблице Вейншенка соответствует точно тому же номеру (по Усову № 40).

Таблица 2.

Наклон возле H влево	0°	5°	10°	15°	20°	25°
Наклон возле оси J:	Углы погасания.					
на себя 0°	} . . . . . 15—16	15	16	15—16	15—14	14—16
от » 0°						
на » 5°	} . . . . . Дальнейшее изменение наклона возле оси J влечет за собой увеличение угла погасания, едва достигающее $1^\circ$ при наклоне на себя и $1^\circ$ — $2^\circ$ при наклоне от себя.	18—17	15	$13\frac{1}{2}$	11	7
от » 5°		19	19	20	18	24
на » 10°		16—15	12	11	8	4—2
от » 10°		20	20	23	25	26
на » 15°		14	9—10	7	3	—2
от » 15°		21	23	25	30	31
на » 20°		14	10	5—4	0	—6
от » 20°		21	24	28	33	36
на » 20°		13	8	4—5	—1	—6
от » 25°		22	26	30	$34\frac{1}{2}$	38
на » 30°		14	8	4	1	—8
от » 30°		22	27	32	35	40
на » 35°		—	9	5	0	—7
от » 35°		—	—	34	35	40

Так как при совмещении оси  $N_g$  с осью J темнота сохраняется все время при вращении вокруг оси J, ясно, что, не изменяя поворота около оси H и придавая различные наклоны возле оси J, мы получим цифры углов погасания, мало отличающиеся от истинных, в зависимости, быть может, от косинуса угла наклона возле J, так что отклонение от перпендикулярности точно в плоскости  $N_m N_p$  не влечет за собою резкого изменения угла погасания; при условии отклонения от перпендикулярности точно в плоскости  $N_p N_g$  наблюдается та же картина: изменение угла погасания едва превосходит точность наблюдения; заметим, кстати, что чем больше угол наклона возле

Таблица 3.

Наклон возле Н вправо	0°	5°	10°	15°	20°	25°
Наклон возле оси J:	Углы погасания.					
на себя 0°	15—16	16	18	17	17½	19
от » 0°						
на » 5°	19	17	18	16*	14*	12
от » 5°						
на » 10°	18—19	17—16*	15*	13	10	20—21
от » 10°						
на » 15°	21	20	14*	13	8	23
от » 15°						
на » 20°	21	20	13	10	7	26
от » 20°						
на » 25°	21—22	19	15*	9	6	28
от » 25°						
на » 30°	22	20	15*	9—10	5	28
от » 30°						
на » 35°	24	19	15—16*	8	5	31
от » 35°						
	16—17	21	25	30—29	32	

Дальнейшее изменение наклона возле оси J влечет за собою увеличение угла погасания, если достигаются 1° при наклоне на себя и 1—2° при наклоне от себя.

оси Н (или одновременно с J), тем труднее уловить момент наибольшего затемнения зерна, ибо период сохранения темноты при вращении около оси А становится подчас весьма длителен, и резкость различия в затемнении зерна весьма мала. Это нужно принять во внимание при ближайшем рассмотрении таблицы для объяснения скачков в цифрах углов погасания при видимой правильной периодичности их изменения.

Таблицы 2 и 3 показывают, во-первых, что при все больших наклонах возле оси Н (безразлично в какую сторону) получается *уменьшение* угла погасания при наклоне возле оси J *на себя* и *увеличение* при наклоне возле оси J *от себя*, и что, во-вторых (см. табл. 3), при одних и тех же малых углах (5—10°) наклона возле оси Н, наклонение возле оси J на себя вызывает *увеличение* угла погасания, что, в связи с уменьшением угла при увеличении наклона возле оси Н, может привести нас к цифрам, весьма мало разнящимся от истинной, между тем, как отклонение от перпендикулярности достаточно велико (см. цифры со звездочкой в табл. 3). Так, например, при наклоне возле Н вправо 15° и возле J на себя в 35° получаем угол погасания 15°—16°, т. е. истинный, между тем отклонение от перпендикулярности равно около 39°, что легко сообразить по сетке Федорова;

при том же наклоне возле Н и наклоне возле оси J на себя  $30^\circ$  получится снова цифра  $15^\circ$ , а отклонение от перпендикуляра равно 34 и т. д. С другой стороны, в таблице 1 видим, что при наклоне возле оси Н в  $5^\circ$  и оси J от себя  $10^\circ$  получим угол погасания, равный  $20^\circ$ , т. е. расходящийся на  $5^\circ$  от истинного, между тем, как отклонение от перпендикулярности равно  $11\frac{1}{2}^\circ$ , и далее при том же наклоне возле Н при наклоне возле J от себя на  $15^\circ$  угол погасания равен  $21^\circ$ , т. е. на  $6^\circ$  больше истинного, а отклонение от перпендикулярности равно  $16^\circ$  и т. д. Следовательно, *рассуждения Фукэ приложимы не всегда*, хотя в большинстве случаев отклонение от перпендикулярности одновременно и в плоскости оптических осей и ей перпендикулярной вызывает чувствительное изменение угла погасания.

В разрезах  $\perp$  с должна быть картина аналогична предыдущей, и следовательно к ним рассуждения применимы те же. Таким образом: 1) отсутствие твердой уверенности в том, что шов и спайность, относительно которых определяется угол погасания, имеют действительно нужное нам кристаллографическое значение, 2) исключительность нахождения разрезов, точно перпендикулярных к осям  $N_p$  и  $N_g$ , 3) невозможность учесть влияние отклонения от перпендикулярности на угол погасания (в сторону ли уменьшения угла или его увеличения), 4) слабая точность установки на темноту, 5) невозможность указать № плагиоклаза, а следовательно и его химический состав, и, наконец, 6) огромная потеря времени и энергии на отыскивание нужных разрезов,<sup>1</sup> часто не достигающая цели—в виду отсутствия таковых—вот, те минусы метода Фукэ, которые исключены работой столиком Федорова. Если добавить еще, что в Универсальном методе далеко еще не сказано последнего слова (Усов), и что затрата времени на изучение метода Федорова с избытком окупается сохранением энергии и времени при определении минералов, входящих в состав горных пород, ясной станет та *крупная роль, которую играет в петрографии Универсальный метод*, и то видное место, которое должно уделяться всеми научными учреждениями, петрографами и Институтами.

Заканчивая статью, мы приходим к заключению, отмеченному уже выше, о несомненном *преимущество метода Федорова*

<sup>1</sup> Как известно, определяя плагиоклаз по методу Фукэ необходимо найти углы погасания, как в разрезе  $\perp$ , так и  $\perp$  с — только в таком случае исследователь гарантирован от ошибок.

перед методом Фукэ, при соблюдении некоторых условий, как-то: тщательности работы, возможно точной установки на темноту и т. д. Как видно из многочисленных примеров, приведенных в настоящей статье, метод Федорова не допускает тех ошибок, которые возможны при методе Фукэ (как напр., случаи неправильного предположения, что мы имеем дело с двойниками по альбитовому закону, или со спайностью по 3-му пинакoidу, и т. д.).

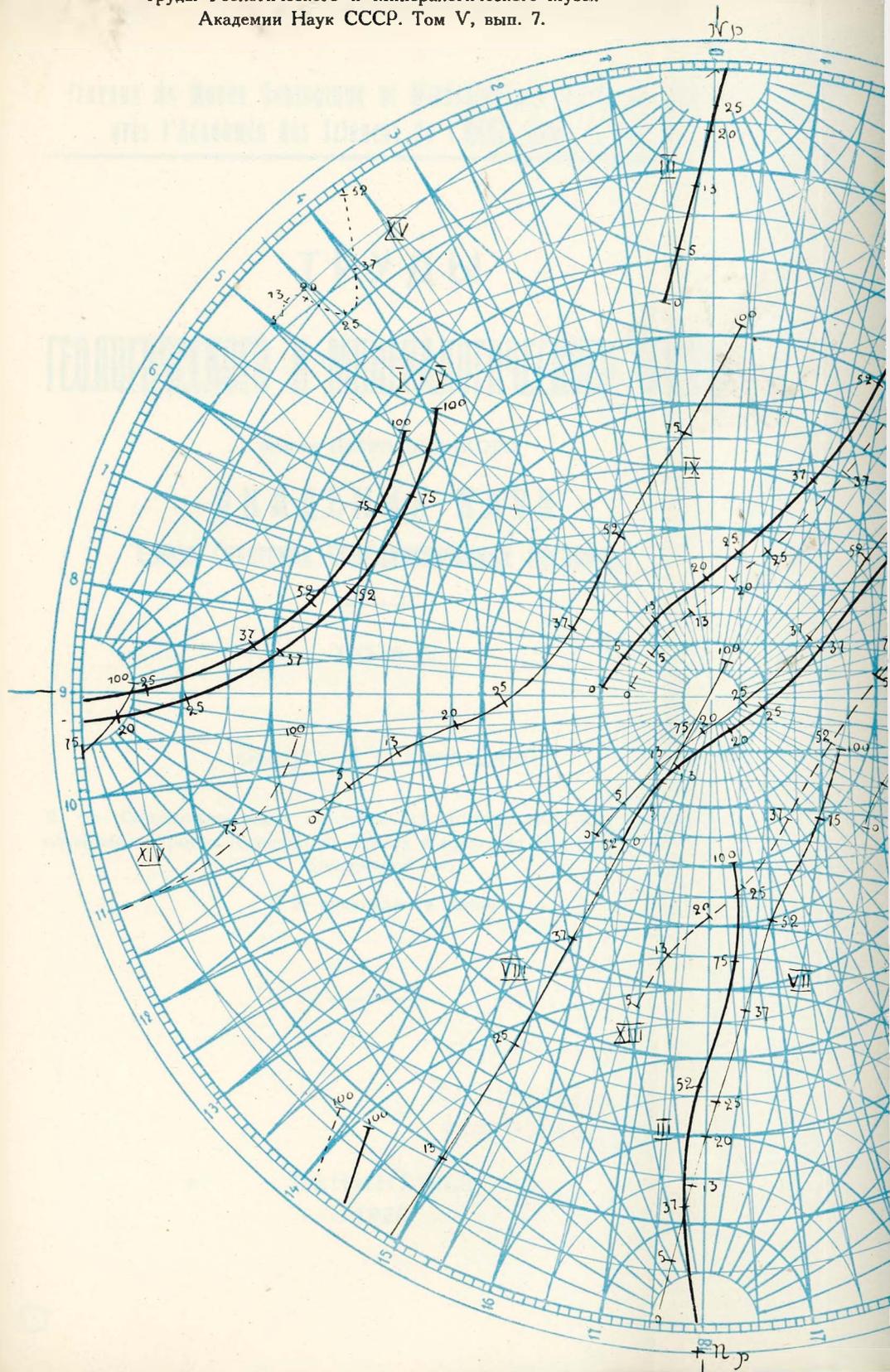
Нам хотелось бы, чтобы настоящая статья (один из авторов которой является учеником покойного проф. Е. С. Федорова) послужила данью уважения безвременно погибшему гениальному русскому ученому и вместе с тем явилась некоторым толчком к дальнейшему распространению столь ценного „федоровского“ метода.

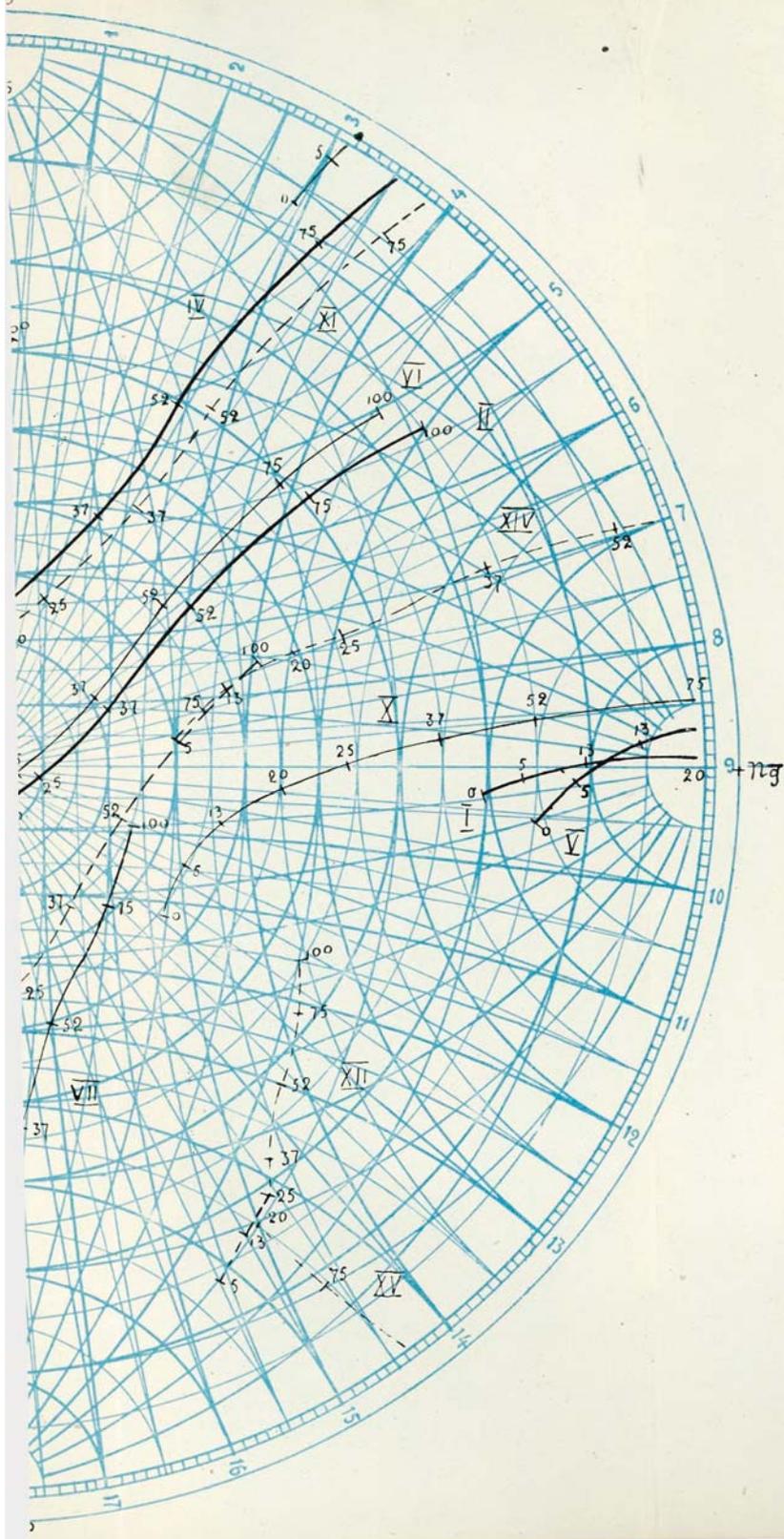
Июль 1921 г.

Минералого-Петрографический Кабинет  
Донского Политехнического Института.  
г. Новочеркасск.

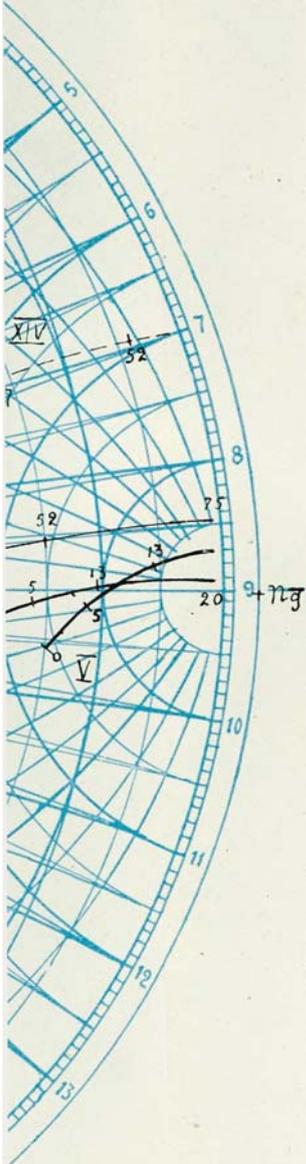
---

Инв. № 4772  
ПРОВЕРЕНО 7/VIII-46.





№№ по порядку.	Название зв.
I	Альбитовый
II	Маннебахский
III	De l'Esterel Scori . . .
IV	Карлсбадский
V	Периклиновы
VI	La Roc Tour
VII	
VIII	
IX	
X	
XI	
XII	
XIII	Биссе
XIV	
XV	



№№ по порядку.	Название закона.	Двойниковая ось.
I	Альбитовый . . .	$\perp (010)$ $\perp (001) \parallel (100)$
II	Маннебахский . .	$\perp (001)$
III	De l'EstereI . . .	$\{100\}$
	Scopi . . . . .	$\perp [010] \parallel (001)$
IV	Карлсбадский . . .	$\{001\}$
V	Периклиновый . .	$\{010\}$ $\perp [100] \parallel (001)$
VI	La Roc Tourné . .	$\perp [100] \parallel (010)$
VII		$\perp [001] \parallel (010)$ $\perp (100)$
VIII		$\perp (\bar{1}10)$
IX		$\perp (021)$
X		$\perp (021)$
XI		$\perp [010] \parallel (100)$
XII		$\perp (110)$
XIII	Биссектриса	$\angle [100] [001]$
XIV		$\angle [010] [001]$
XV		$\angle [010] [100]$