

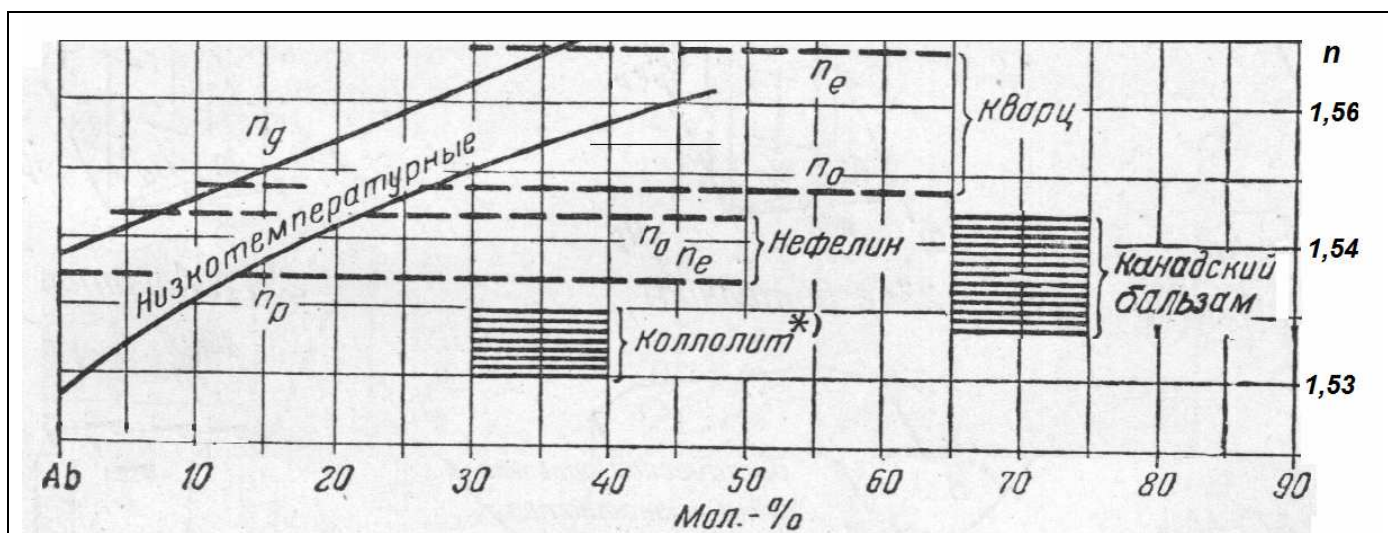
## ПРОСТОЙ СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗНАКА МАКСИМАЛЬНЫХ УГЛОВ ПОГАСАНИЯ АЛЬБИТОВЫХ ДВОЙНИКОВ В ЗОНЕ $\perp(010)$

### A SIMPLE WAY TO DETERMINE THE SIGN OF THE MAXIMUM ANGLES THE EXTINCTION THE ALBIT LOW TWINS IN THE AREA OF $\perp(010)$

Метод Мишель-Леви, используемый для определения состава плагиоклазов, заключается в нахождении максимального угла симметричного погасания альбитовых двойников в сечениях, перпендикулярных плоскости срастания двойниковых индивидов. Метод простой, часто используемый для изучения состава плагиоклазов, но он имеет один недостаток, связанный с несовершенством определения знака угла погасания.

Принято считать, что все плагиоклазы с номером больше 20 имеют положительные углы погасания, менее 20 – отрицательные углы. Показатели преломления пограничного плагиоклаза № 20 и канадского бальзама близки и равны 1,54. Поэтому проблему разграничения плагиоклазов по знаку угла погасания разрешается наблюдением за поведением полоски Бекке на границе плагиоклаз – канадский бальзам.

В России канифольные заводы производят аналог канадского бальзам – пихтовый бальзам, предназначенный для склеивания оптических линз и изготовления шлифов. Согласно ГОСТ 2290-76 его показатель преломления может находиться в пределах 1,52 – 1,54 и определяется заказчиком. Пихтовый бальзам выпускается в малых количествах по специальным заказам. Из-за его дороговизны при изготовлении шлифов используется более дешевая канифоль. Ее показатель преломления, равный 1,530 - 1,535, ниже, чем у канадского бальзама и по этой причине она не пригодна для определения знака максимального угла погасания в сечениях, перпендикулярных плоскости срастания альбитовых двойников. Как это видно на рис. 1, даже при максимальном показателе преломления канифоли, равном 1,535, плагиоклазы № 10 – 30 оказываются в «мертвой зоне» - в них невозможно правильно определить знак угла погасания альбитовых двойников.



\* В СССР употребляется пихтовый бальзам и канифоль с таким же показателем преломления. Прим. ред.

Рис. 1. Диаграмма зависимости показателей преломления от состава плагиоклазов №0 -50. (Фрагмент рис. 234 из справочника В. Е.Трёгера «Таблицы для оптического определения породообразующих минералов», 1958 г.).

**Правило Шустера.** Это правило применительно к рассматриваемой задаче может быть сформулировано следующим образом:

если после совмещения двойникового шва с вертикальной нитью окулярного креста темнота в одном из двойниковых индивидов наступает при вращении столика против часовой стрелки, то угол погасания имеет положительный знак; при вращении по часовой стрелке знак угла погасания считается отрицательным (рис.2).



Рис. 2. Правило Шустера для определения знака угла погасания двойниковых индивидов.

В практической работе по определению угла погасания альбитовых двойников правило Шустера не нашло применения. Принято считать, что угол погасания  $\varepsilon$  равен среднему значению из углов  $\varepsilon_1$  и  $\varepsilon_2$  для каждого двойникового индивида. Знак  $\varepsilon_1$  и  $\varepsilon_2$  при этом не учитывается:

$$\varepsilon = (\varepsilon_1 + \varepsilon_2) / 2$$

В сечениях, строго перпендикулярных плоскости срастания двойников, углы  $\varepsilon_1$  и  $\varepsilon_2$  равны по величине, но имеют противоположные знаки.

Такие симметричные сечения с нулевой асимметрией встречаются очень редко. Обычно мы наблюдаем альбитовые двойники с косо ориентированной плоскостью срастания, которая образует с оптической осью микроскопа некоторый угол  $\chi$ .

В косых сечениях плагиоклазов по альбитовому закону можно графическим способом на стереографической сетке найти максимальный угол погасания при различных углах  $\chi$  наклона плоскости срастания. Но это очень трудоемкий способ, требующий терпения и больших затрат времени. Кроме того, он отличается недостаточной точностью.

Для ускорения расчетов автором была подготовлена компьютерная программа, с помощью которой рассчитаны углы погасания  $\varepsilon_1$  и  $\varepsilon_2$  двойниковых индивидов и максимальные углы погасания  $\varepsilon$  альбитовых двойников при углах наклона  $\chi$  от 0 до 30° для плагиоклазов с № 0 до № 100 с интервалом в 5 номеров. В качестве примера ниже в таблице приведены результаты расчета для плагиоклазов № 10 и № 30, являющиеся представителями плагиоклазов с отрицательными и положительными углами погасания  $\varepsilon$ .

Из данных таблицы видно, что при любых углах  $\chi$  наклона двойниковой плоскости знаки углов погасания  $\varepsilon$  и  $\varepsilon_1$  совпадают.

#### Таблица

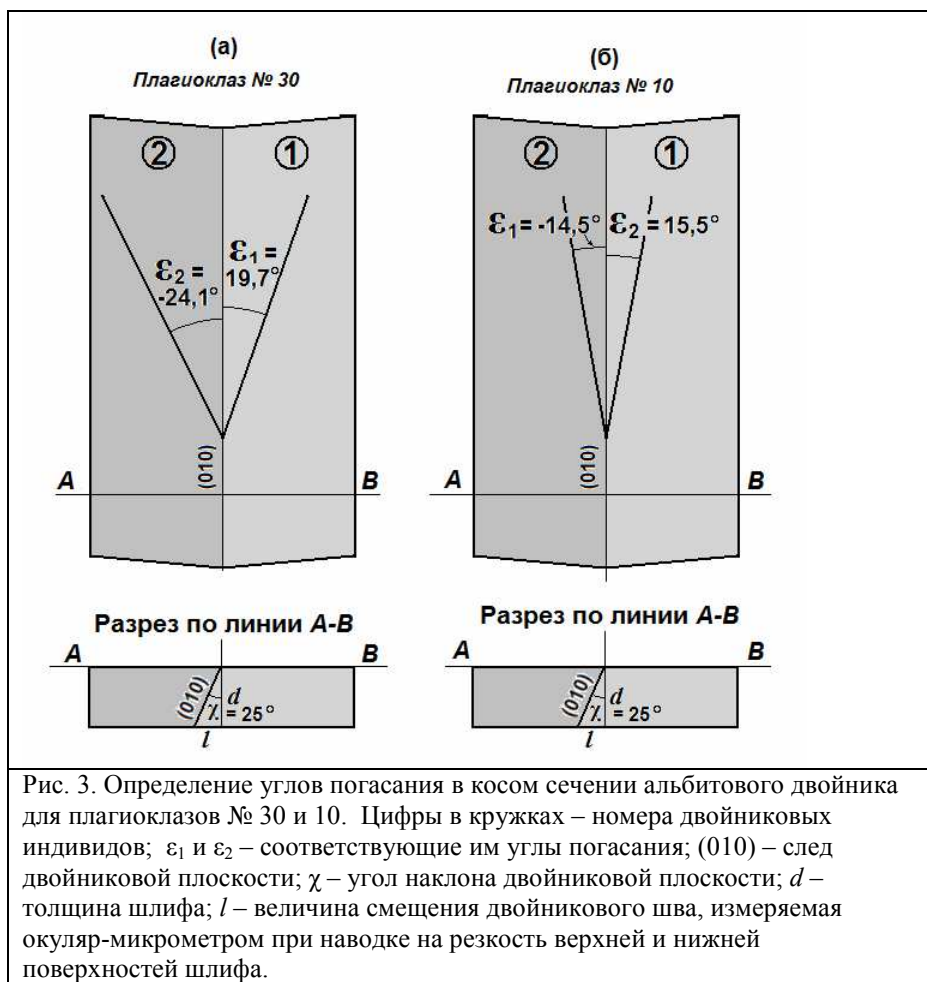
#### Максимальные углы $\varepsilon$ погасания альбитовых двойников плагиоклазов № 10 и 30 при различных углах $\chi$ наклона двойниковой плоскости (010)

$\chi, ^\circ$	Плагиоклаз № 10			Плагиоклаз № 30		
	$\varepsilon_1$	$\varepsilon_2$	$\varepsilon = (\varepsilon_1 - \varepsilon_2) / 2$	$\varepsilon_1$	$\varepsilon_2$	$\varepsilon = (\varepsilon_1 - \varepsilon_2) / 2$
0	-11,5	11,5	-11,5	15,2	-15,2	15,2
5	-11,5	11,8	-11,6	14,8	-15,9	15,4
10	-11,7	12,2	-12,0	15,0	-16,9	16,0
15	-12,3	12,8	-12,6	15,6	-18,6	17,1
20	-13,2	13,9	-13,5	17,1	-20,8	18,9
25	-14,5	15,5	-15,0	19,7	-24,1	21,9
30	-16,6	18,0	-17,3	24,2	-29,5	26,8

На рис. 3 показан порядок измерения максимальных углов погасания  $\varepsilon_1$  и  $\varepsilon_2$  для плагиоклазов № 30 и 10 в косом сечении с наклоном плоскости срастания  $\chi = 25^\circ$ .

#### Практические рекомендации.

1. Перед началом работ необходимо тщательно проверить настройки микроскопа: скрещенность николей и параллельность плоскости световых колебаний поляризатора с вертикальной нитью окулярного креста.



2. Для производства измерений пригодны альбитовые двойники, в которых углы  $\epsilon_1$  и  $\epsilon_2$  отличаются по абсолютной величине не менее чем на  $0,5 - 1^\circ$ . При этом нужно иметь в виду, что в слишком косых сечениях ( $\chi > 30^\circ$ ) в одном из двойниковых индивидов возможна *инверсия позиции оптических осей* (см. “Словарь терминов”), из-за которой могут быть получены неверные результаты. Возможен расчет приблизительного значения угла  $\chi$  наклона плоскости срастания по формуле

$$\operatorname{tg} \chi = l / d,$$

где  $l$  - величина горизонтального смещения двойникового шва, измеренная окуляр-микронетром при наводке на верхнюю и нижнюю поверхности шлифа;  $d$  – толщина шлифа (рис. 2).

3. При измерении углов погасания двойниковых индивидов учитывается правило Шустера.

4. Углы погасания двойникового индивида с меньшим абсолютным значением (т. е. без учета знака) считать относящимися к  $\epsilon_1$ , с большим абсолютным значением – к  $\epsilon_2$ . Например, в результате измерений получены следующие углы погасания двойниковых индивидов:  $-14,5^\circ$  и  $15,5^\circ$ . Так как первый угол по абсолютной величине меньше второго, принимаем  $\epsilon_1 = -14,5^\circ$ ,  $\epsilon_2 = 15,5^\circ$ .

5. По отрицательному знаку при  $\epsilon_1$  приходим к выводу, что такой же знак должен иметь угол максимального симметричного погасания, используемый для определения состава плагиоклаза на диаграмме Мишель-Леви.

6. Подобные действия для большей надежности следует произвести дополнительно в 1-2 двойниковых зернах.

7. Определив таким образом принадлежность плагиоклаза к группе с номером больше или меньше 20, дальнейшие работы следует проводить в обычном порядке: за угол погасания  $\epsilon$  принимать среднее из углов  $\epsilon_1$  и  $\epsilon_2$  (без учета знака) и присваивать ему знак  $\epsilon_1$ .

### Советы.

1. Для определения знака  $\epsilon$  следует использовать двойники с максимальным углом погасания.
2. После совмещения двойникового шва с вертикальной нитью окулярного креста нужно обязательно проверить направление падения двойниковой плоскости. Оно должно быть, выражаясь термином, принятым в полевой геологии, «западным» (см. рис. 2). В противном случае, при «восточном» падении, столик микроскопа необходимо повернуть на  $180^\circ$ .

Добавлено 13 февраля 2021 г.

### Продолжение статьи

К сожалению, это не продолжение статьи, это ее похороны. Рассмотренный способ оказался ошибочным из-за того, что он выдает противоречивые результаты: в одном и том же шлифе в зернах плагиоклаза с разной ориентировкой оптической индикатрисы могут быть получены положительные и отрицательные углы погасания альбитовых двойников. Рассмотрим простой пример, чтобы объяснить, почему это возможно. Пусть в двойнике плагиоклаза с косо ориентированной плоскостью срастания (001) замерены следующие углы погасания двойниковых индивидов (1) и (2):  $\epsilon_1 = 19^\circ$ ,  $\epsilon_2 = -24^\circ$  (рис. 4а). Меньший по абсолютному значению угол  $\epsilon_1$  по правилу Шустера имеет положительный знак, поскольку погасание полоски (1) происходит при вращении столика против часовой стрелки. Следовательно, максимальный угол погасания, будет также иметь **положительный знак**.

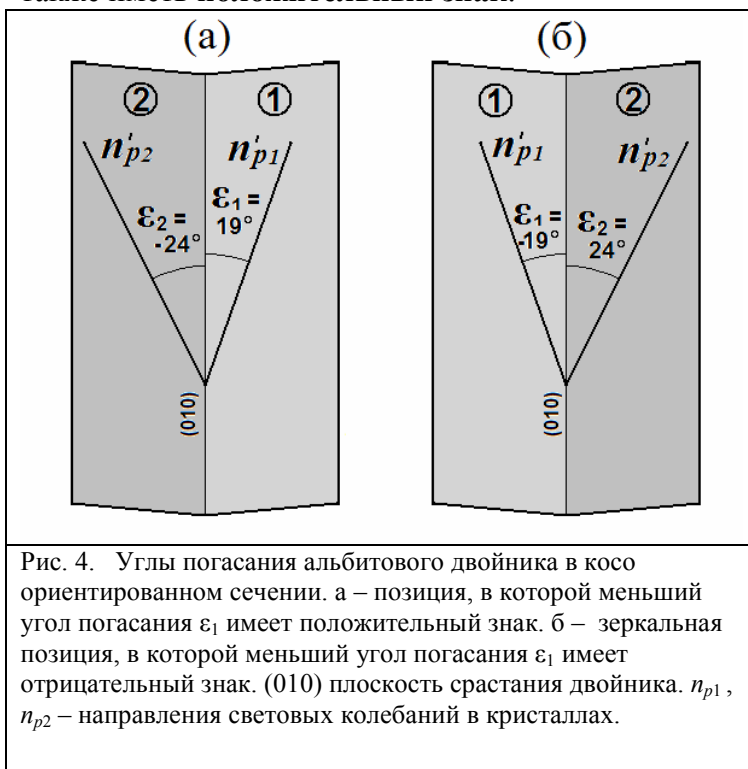


Рис. 4. Углы погасания альбитового двойника в косо ориентированном сечении. а – позиция, в которой меньший угол погасания  $\epsilon_1$  имеет положительный знак. б – зеркальная позиция, в которой меньший угол погасания  $\epsilon_1$  имеет отрицательный знак. (010) плоскость срастания двойника.  $n_{p1}$ ,  $n_{p2}$  – направления световых колебаний в кристаллах.

Повернем шлиф обратной стороной, покрывным стеклом вниз. Получим зеркальное отображение альбитового двойника (рис. 4б). В нем углы погасания  $\epsilon_1$  и  $\epsilon_2$  такие же, как и в позиции (а), но имеют противоположные знаки. Меньший угол  $\epsilon_1 = -19^\circ$  и, следовательно, по приведенному в статье правилу знак угла погасания двойника должен быть **отрицательным**.

Такой же эффект может быть получен, если из готового шлифа извлечь тонкий препарат и приклеить его к предметному стеклу обратной стороной.

С равным основанием мы можем считать позицию (б) основной, а позицию (а) ее зеркальным отображением. Это противоречие можно было бы разрешить, если бы удалось обнаружить критерии различия позиций, для того чтобы определять знак в «правильной» позиции

двойника.

Мои попытки выявить критерии различия этих позиций оказались безуспешными. Отличить их под микроскопом в параллельном свете невозможно. Я не удалил статью из сайта в надежде, что кто-нибудь из читателей заинтересуется этой проблемой и решит ее.

## Другие способы определения знака угла погасания альбитовых двойников.

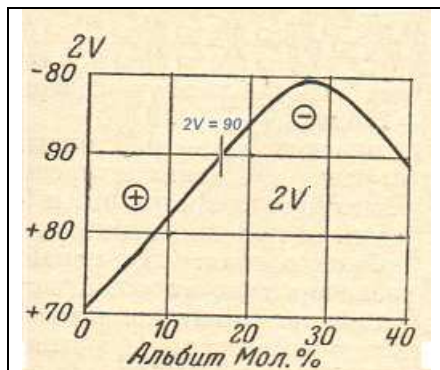


Рис. 5. Зависимость угла оптических осей от состава плагиоклазов № 0 – 40. Фрагмент фиг. 28 из справочника А. Н. и Г. Винчелл «Оптическая минералогия». М., ИЛ, 1958 г.

Почти все плагиоклазы с отрицательными углами погасания альбитовых двойников имеют положительный угол оптических осей и, напротив, плагиоклазы с положительными углами погасания являются оптически отрицательными (рис. 5). Это правило касается только плагиоклазов № 0 – 40. Имеется незначительное исключение: оптически отрицательные плагиоклазы № 17-20 дают отрицательное погасание. Из сказанного следует, что достаточно определить знак угла оптических осей, чтобы решить вопрос о знаке угла погасания.

### Определение оптического знака плагиоклазов в сечении, перпендикулярном оси $N_m$ .

Такие сечения легко обнаружить по максимальной интерференционной окраске, которая должна быть светло-серой у андезина до белой, слегка желтоватой у альбита.

Определение оптического знака плагиоклаза производим в следующей последовательности.

1. Выбираем зерно плагиоклаза с максимальной интерференционной окраской. В кислых плагиоклазах двойниковые полоски тонкие. Их ширина должна быть не менее толщины шлифа (0,25 - 0,30 мм).

2. Вращением столика ставим выбранное зерно (двойниковую полоску) в положение максимальной темноты. Двойниковый шов должен быть ориентирован параллельно или под острым углом к вертикальной нити окулярного креста.

3. Включаем линзы Лазо и Бертрана и наблюдаем поведение изогиры. В начальной позиции  $\omega = 0$  все поле зрения занимает темнота. При повороте столика по часовой стрелке на угол 4-5° темнота быстро распадается на две части, расходящиеся в противоположном направлении:

1) оптически положительные кристаллы с  $2V_{Np} > 90^\circ$  в 2 и 4 квадранты (плагиоклаз № 10 на рис. 6);

2) оптически отрицательные кристаллы с  $2V_{Np} < 90^\circ$  в 1 и 3 квадранты (плагиоклаз № 30);

3) в кристаллах с  $2V_{Np} = 2V_{Ng} = 90^\circ$  темнота распадается во всех четырех направлениях одновременно (плагиоклаз № 17).

№ плагиоклаза	Исходная позиция	Изогира после поворота столика на угол $\omega = 5^\circ$
<b>№ 10</b> $2V = 82^\circ$ $\rho_1 = 90^\circ$ $\lambda_1 = 41^\circ$ $\rho_2 = 90^\circ$ $\lambda_2 = 139^\circ$	$\omega = 0^\circ$ 	$\omega = 5^\circ$ 
<b>№ 17</b> $2V = 90^\circ$ $\rho_1 = 90^\circ$ $\lambda_1 = 45^\circ$ $\rho_2 = 90^\circ$ $\lambda_2 = 135^\circ$	$\omega = 0^\circ$ 	$\omega = 5^\circ$ 
<b>№ 30</b> $2V = -84^\circ$ $\rho_1 = 90^\circ$ $\lambda_1 = 48^\circ$ $\rho_2 = 90^\circ$ $\lambda_2 = 132^\circ$	$\omega = 0^\circ$ 	$\omega = 5^\circ$ 

Рис. 6. Определение оптического знака плагиоклазов в коноскопе в сечении, перпендикулярном оси индикатрисы  $N_m$ .  $A_1$  и  $A_2$  – оптические оси. Полярные сферические координаты оптических осей:  $\rho_1, \rho_2$  – полярные углы,  $\lambda_1, \lambda_2$  – долготы;  $\omega$  – угол поворота столика. Угловой радиус поля зрения коноскопа  $\rho_k = 33^\circ$ .  $n_g, n_p$  – направления световых колебаний в кристалле.

### Определение оптического знака плагиоклаза в сечении, перпендикулярном биссектрисе угла $2V_{Np}$ .

Альбитовые двойники плагиоклазов обладают одной замечательной особенностью: сечения в позиции максимального симметричного погасания альбитовых двойников ориентированы перпендикулярно или почти перпендикулярно к биссектрисе угла оптических осей  $2V_{Np}$ . В оптически положительных кристаллах  $2V_{Np} > 90^\circ$ , отрицательных кристаллах  $2V_{Np} < 90^\circ$ . Следовательно, измерив величину  $2V_{Np}$  можно определить оптический знак плагиоклаза и сделать заключение о знаке угла погасания альбитового двойника.

Метод Малляра для измерения  $2V$  плагиоклазов не пригоден, так как из большой величины угла оптических осей ветви изогиры при их максимальном расхождении уходят из поля зрения. Однако измерение  $2V$  возможно, если учесть угол поворота столика, при котором ветви оказываются на краю поля зрения. Подробное описание метода, диаграмму и формулу для расчета  $2V$  можно найти в моей статье [«Диаграмма для определения больших углов оптических осей»](#)

[осей в сечениях, перпендикулярных биссектрисе»](#). Отсылая к этой статье, ограничусь несколькими советами.

1. Совмещение изогир с метками производится при больших углах поворота столика. Чтобы при этом выбранная, очень узкая в кислых плагиоклазах, полоска двойника не уходила с центра окулярного перекрестия, необходима тщательная проверка центрировки объектива.

2. До начала измерения  $2V$  рассматриваемым способом необходимо подобрать сечение с максимальным симметричным погасанием двойниковых полосок. Ширина полосок должна быть не менее толщины шлифа (0,025 – 0,03 мм).

3. От симметрии погасания зависит точность измерений. Желательно, чтобы разность углов погасания двух систем двойниковых полосок не превышала  $1 - 2^\circ$ .

4. Для определения углов совмещения ветвей изогир с метками необходимо использовать двусторонний способ.

*Пример расчета  $2V$  в сечении, перпендикулярном биссектрисе.* В альбитовом двойнике плагиоклаза определены следующие максимальные углы погасания двойниковых полосок:

$\varepsilon_1 = -15,4^\circ$ ;  $\varepsilon_2 = 15,0^\circ$ . Максимальный угол симметричного погасания находим как среднее из абсолютных значений  $\varepsilon_1$  и  $\varepsilon_2$ :

$$\varepsilon_{\max} = (15,4 + 15,0) / 2 = 15,2^\circ.$$

Этому значению  $\varepsilon_{\max}$  на диаграмме Мишель-Леви соответствует плагиоклаз № 30, если угол  $\varepsilon_{\max}$  положительный, или плагиоклаз № 5, если знак этого угла отрицательный. Для решения вопроса о знаке выбираем сечение, перпендикулярное оси  $N_m$  индикатрисы. Для этой цели устанавливаем выбранную двойниковую полоску в положение темноты и наблюдаем интерференционную картину в коноскопе. В поле зрения должен быть виден толстый крест, обычно смещенный относительно окулярного перекрестия, или две ветви распавшегося креста, соединенные перемычкой. Вращением столика добиваемся позиции, в которой крест приобретает симметричный вид – его толстые балки ориентированы примерно параллельно нитям окулярного креста (рис. 7а).

Вращая столик по часовой стрелке, совмещаем сначала внешний (рис. 7б) и затем внутренний (рис. 7в) контуры ветви изогир с меткой  $M_4$ . Определяем соответствующие углы поворота для каждого случая:  $\omega_4' = 5,8^\circ$  и  $\omega_4'' = 15,2^\circ$ . Угол совмещения изогир с меткой  $M_4$ :

$$\omega_4 = (\omega_4' + \omega_4'') / 2 = 10,5^\circ.$$

Определение углов совмещения изогир с метками  $M_2$  и  $M_4$  в сечении, перпендикулярном биссектрисе угла  $2V_{Np}$ .

Координаты оптических осей в позиции погасания кристалла	Исходная позиция (позиция креста)	Совмещение внешнего контура изогир с меткой $M_4$	Совмещение внутреннего контура изогир с меткой $M_4$
	(а)	(б)	(в)
Плагиоклаз № 30 $R_1 = 36,8^\circ$ $L_1 = -160,9^\circ$ $R_2 = 47,4^\circ$ $L_2 = 11,3^\circ$ $2V = -84^\circ$			

Рис. 7. Определение угла оптических осей  $2V_{Np}$  в сечениях, перпендикулярных биссектрисе.

Аналогичным способом определяем угол совмещения второй ветви изогир с меткой  $M_2$  (рисунок не прилагается):

$$\omega_2' = 22,5^\circ; \omega_2'' = 32,1^\circ; \omega_2 = (\omega_2' + \omega_2'') / 2 = 27,3^\circ.$$

Рассчитываем среднее значение угла поворота столика, при котором обе ветви изогирь одновременно покидают поле зрения, если бы сечение кристалла было ориентировано строго перпендикулярно биссектрисе:

$$\omega = (\omega_2 + \omega_4) / 2 = (10,5 + 27,3) / 2 = 18,9^\circ.$$

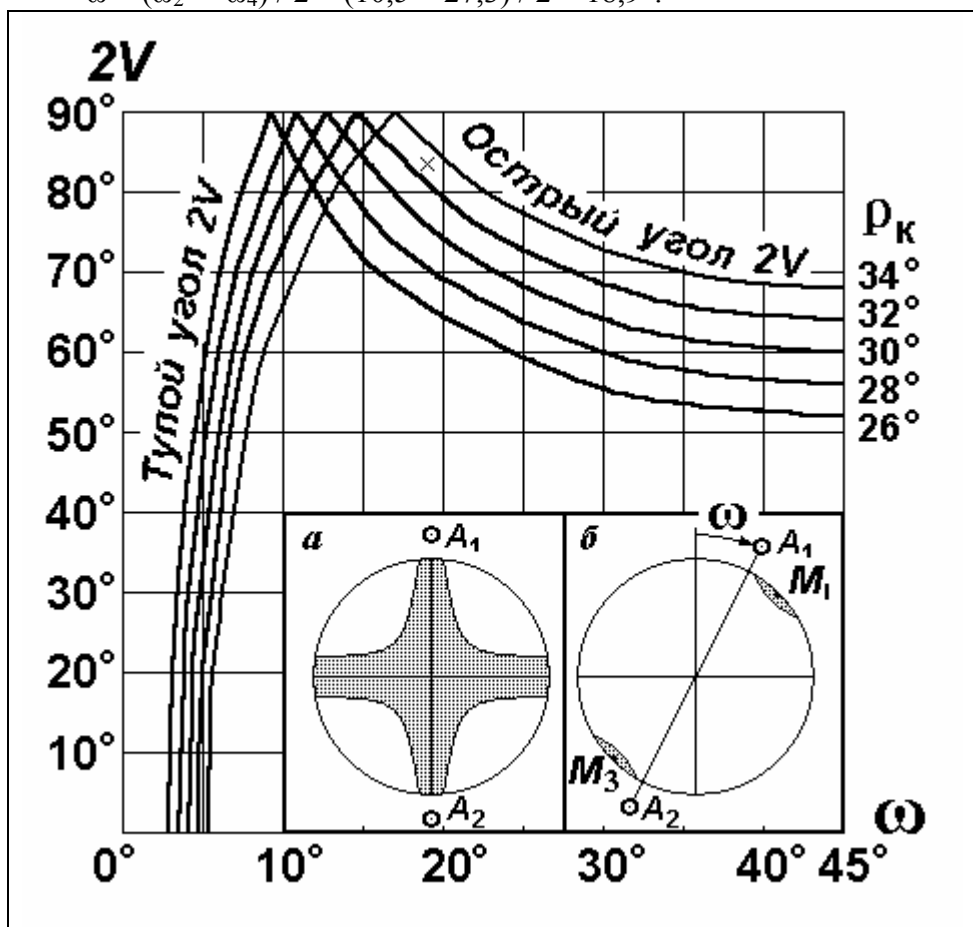


Рис. 8. Диаграмма  $2V - \omega$  для определения больших углов оптических осей в сечении, перпендикулярном биссектрисе.  $\omega$  - угол поворота столика, при котором изогиря совмещается с метками  $M_1$  и  $M_3$ ;  $\rho_k$  - угловой радиус поля зрения коноскопа. На врезке: *а* - исходная позиция оптических осей  $A_1$  и  $A_2$ ; *б* - позиция после поворота столика на угол  $\omega$ , ветви изогирь совмещены с метками  $M_1$  и  $M_3$ .

На диаграмме (рис. 8) находим точку пересечения  $\omega = 18,9^\circ$  и  $\rho_k = 33^\circ$  (показана косым крестиком). Эта точка соответствует  $2V_{\text{Нр}} = 83^\circ$ . Так как  $2V_{\text{Нр}} < 90^\circ$ , то мы приходим к заключению об отрицательном оптическом знаке плагиоклаза. Следовательно, знак максимального угла симметричного погасания положительный:  $\varepsilon_{\text{max}} = 10,5^\circ$ . На диаграмме Мишель-Леви находим состав плагиоклаза, соответствующий этому углу: № 30.

**Примечание.** Если вращать столик против часовой стрелки, то ветви распавшегося креста будут двигаться к меткам  $M_1$  и  $M_3$ . Измерив углы совмещения изогирь с этими метками, как это показано на рис. 8, мы получим тот же результат, что и в предыдущем случае.

#### Использование кварца для определения знака угла погасания альбитовых двойников.

На рис. 10 видно, что интервал показателей преломления кварца ( $n_e = 1,5533$ ,  $n_o = 1,5442$ ) перекрывает область перехода плагиоклазов с отрицательными и положительными углами погасания альбитовых двойников. Используя наблюдения за полоской Бекке, можно не только определить знак угла погасания, но и приблизительно оценить состав плагиоклаза.

Показатель преломления обыкновенного луча кварца  $n_o = 1,5442$  близок к преломлению канадского бальзама  $n = 1,54$ , рекомендуемого для разграничения плагиоклазов с отрицательными



и положительными углами погасания альбитовых двойников. На этом основана идея рассматриваемого способа – использование кварца в качестве заменителя канадского бальзама для сравнения его показателей с плагиоклазом по полоске Бекке.

Ниже приведены данные об относительных показателях преломления плагиоклазов различного состава и кварца.

№ 10	№ 15	№ 20	№ 25	№30	№35
$n_g < n_o$	$n_g = n_o$	$n_g > n_o$	$n_g > n_o$	$n_g > n_o$	$n_g > n_o$
$n_m < n_o$	$n_m < n_o$	$n_m = n_o$	$n_m > n_o$	$n_m > n_o$	$n_m > n_o$
$n_p < n_o$	$n_p < n_o$	$n_p < n_o$	$n_p < n_o$	$n_p = n_o$	$n_m > n_o$

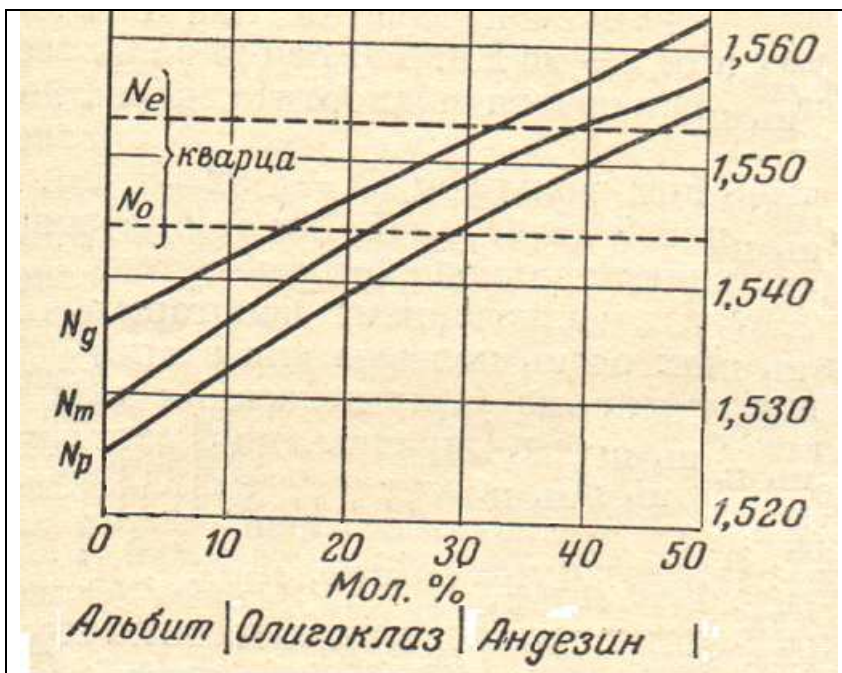


Рис. 10. Диаграмма показателей преломления кварца и плагиоклазов № 0 -50. Фрагмент фиг. 148 из справочника А. Н. и Г. Винчелл «Оптическая минералогия». М., ИЛ, 1958 г.

Из приведенных данных видно, что наиболее информативен для разделения «положительных» и «отрицательных» плагиоклазов (имеется ввиду знак угла погасания) показатель преломления  $n_m$ . Их разделяет плагиоклаз №20. Его показатель преломления  $n_m = n_o$ . Полоска Бекке на стыке зерен кварца и плагиоклаза будет отсутствовать или проявляться слабо. В «отрицательных» плагиоклазах с номером меньше 20  $n_m$  всегда меньше  $n_o$  кварца, в положительных плагиоклазах с номером больше 20 соотношение этих показателей обратное.

Для определения знака угла погасания наиболее подходящими

являются ориентированные сечения оптической индикатрисы в следующих комбинациях:

- 1) разрез перпендикулярный оптической оси плагиоклаза (изотропное сечение) + кварц в произвольно ориентированном сечении;
- 2) разрез перпендикулярный оси  $N_m$  плагиоклаза + кварц в сечении, перпендикулярном оптической оси.

В первом случае находим изотропное зерно плагиоклаза, остающееся темным при повороте столика, находящееся в контакте с любым зерном кварца. Для определения соотношения показателей преломления достаточно поворотом столика установить кварц в позицию темноты и с помощью кварцевой пластинки убедиться, что направление  $n_o$  ориентировано параллельно вертикальной нити окулярного креста. После этого можно приступить к наблюдению за поведением полоски Бекке.

Во втором случае находим зерно плагиоклаза с максимальной интерференционной окраской и устанавливаем его в позицию  $n_g$  параллельно вертикальной нити. Повернув в любую сторону столик на  $60^\circ$ , мы получим значение показателя преломления  $n_m$ . Показатель преломления кварца при этом не изменится, так как сечение изотропное. По соотношению  $n_m$  плагиоклаза и  $n_o$  кварца делаем заключение о знаке угла погасания альбитовых двойников.

Если не удалось найти ориентированные сечения плагиоклаза и кварца в нужной комбинации, следует перейти к статистическому способу измерения соотношения  $n_o$  кварца и  $n'$  плагиоклаза в

произвольной ориентированных сечениях в 5 – 10 зернах.. По полученным результатам делаем выводы о составе плагиоклаза и знаке угла погасания (см. таблицу):

Относительное количество измерений с указанным соотношением $n'$ плагиоклаза $n_0$ кварца	№ плагиоклаза	Знак угла погасания альбитовых двойников
$n' < n_0$	10 и менее 10	–
$n' < n_0$ , реже $n' = n_0$ или $n' > n_0$	Более 10 и менее 20	–
$(n' < n_0)$ примерно равны $(n' > n_0)$	Около 20	±
$n' > n_0$ , реже $n' = n_0$ или $n' < n_0$	Более 20 и менее 30	+
$n' > n_0$	30 и более	+

Если в результатах измерений преобладают пары плагиоклаз-кварц, в которых показатель преломления кварца  $n_0$  больше  $n'$  плагиоклаза, знак угла погасания альбитовых двойников отрицательный; при обратном соотношении знак положительный.

### Заключение

В статье рассмотрены 4 способа определения знака угла погасания альбитовых двойников плагиоклазов.

1. Первый способ основан на ошибочном представлении о совпадении знаков углов погасания альбитового двойника и одного из двойниковых индивидов, показавшем меньший угол погасания. Способ выдает неоднозначные результаты, и был забракован.

2. Второй способ учитывает связь угла погасания альбитовых двойников с углом оптических осей: в «отрицательных» плагиоклазах угол оптических осей положительный и, наоборот, в «положительных» плагиоклазах угол  $2V$  отрицательный. Для определения знака  $2V$  используются сечения, перпендикулярные оси  $N_m$  оптической индикатрисы. В них оптически положительные и отрицательные плагиоклазы легко отличаются по поведению распада темноты при вращении столика.

Достоинство способа: простота. Недостаток способа: в плагиоклазах невозможно по углу оптических осей различать двойники с отрицательными и положительными углами погасания.

3. Третий способ основан на измерении угла  $2V$  в сечении, перпендикулярном биссектрисе угла оптических осей, с учетом угла поворота столика, при котором изогирь совмещаются с метками на краю поля зрения.

Недостаток способа тот же, что и в предыдущем способе. Кроме того, в разрезах, не вполне перпендикулярных биссектрисе, возможны повышенные погрешности определения угла  $2V$ .

4. Четвертый способ основан на использовании кварца в качестве замены канадского бальзама. Способ простой и надежный. Единственный его недостаток – он применим только в шлифах кварцсодержащих горных пород.

*Продолжение статьи загружено на сайт 15 июля 2021 г.*