

Л. И. ПАЗЮК

О ПРИРОДЕ ИРИЗАЦИИ АНДЕЗИН-ЛАБРАДОРОВ

(Представлено академиком А. Г. Бетехтиным 5 VII 1954)

1. Хорошие декоративные качества иридирующих лабрадоритов общеизвестны. Однако природа явления иризации плагиоклазов до настоящего времени не установлена. Между тем этот вопрос имеет важное значение при разработке критериев для поисков иридирующих лабрадоритов, а также для постановки проблемы искусственного получения этого высококачественного архитектурного и строительного материала.

Проведенное нами изучение ряда образцов иридирующих лабрадоров месторождений Украины, Норвегии и Северной Америки позволило установить, что иризационные окраски являются цветами интерференции, подобными тем, которые получаются в тонких пластинках. При этом выяснено, что явления интерференции обусловливаются не закономерно ориентированными тонкими пластинчатыми включениями ильменита ⁽⁵⁾ или деформацией кристаллической решетки кристаллов ⁽¹⁾, как это предполагалось ранее другими исследователями, а тонким полисинтетическим строением двойников плагиоклаза. Отражающими световой луч поверхностями в этом случае являются плоскости срастания тончайших двойниковых индивидов. Обычно это плоскость (010), реже — (001).

2. Мысль о том, что причиной иризации может являться двойникование, высказывалась и раньше. В частности, Стокс и Рэлей ⁽³⁾, занимаясь изучением интерференционных окрасок в кристаллах бертолетовой соли, выяснили, что они происходят вследствие периодического (полисинтетического) двойникования этих кристаллов. Исходя из положения этих исследователей, что теория окрасок кристаллов бертолетовой соли аналогична теории цветов тонких пластинок, мы предприняли изучение иридирующих андезин-лабрадоров.

Известно ⁽⁴⁾, что цвета интерференции тонких пластинок определяются разностью хода по формуле

$$R = 2hn \cos r, \quad (1)$$

где h — толщина пластинки, n — показатель преломления пластинки и r — величина угла преломления. Эта формула рассчитана для пластинки изотропного вещества в воздухе и, следовательно, не может быть использована в таком виде для расчета иризационных окрасок андезин-лабрадоров. С целью проверки степени ее применимости нами проведено изучение влияния на иризационные окраски андезин-лабрадоров отдельных факторов.

3. Исследованиям были подвергнуты 7 образцов иридирующих лабрадоров разных месторождений. Приводим данные изучения двух из них.

Обр. 4, полуостров Лабрадор; кристалл размером 25 мм светлосерый, со стекляннм блеском. Измерения на федоровском столике: $D_0, P \cdot N_g = 24,5^\circ$, $D_0, P \cdot N_m = 68^\circ$, $D_0, P \cdot N_p = 80^\circ$; $D_0, P \perp (010)$, закон альбитовый, № 48, основной андезин, $2V = +80^\circ$. Обнаруживает непрерывное зонарное строение, проявляющееся в виде неодновременного угасания;

иризация с зональным рисунком, с последовательной сменой зон — красной, оранжевой, желтой, зеленой, синей, бесцветной. Включения микролитов немногочисленны.

Обр. 2, Головино, УССР; кристалл размером 50 мм из вкрапленника в крупнозернистом темносером лабрадоре, блеск стеклянный. Измерения на федоровском столике:

$$D_0, P \cdot N_g — 30^\circ, D_0, P \cdot N_m — 63^\circ, D, P \cdot N_p — 78^\circ;$$

$D_0, P \perp (010)$, закон альбитовый, № 53, лабрадор, $2V = +83^\circ$. Имеет непрерывное зонарное строение, проявляющееся в виде неодновременного угасания. Рисунок иризации зональный, с геометрически правильными, иногда четкими зонами, соответствующими определенным кристаллографическим направлениям. Содержит обильные игольчатые включения.

4. Зависимость иризационных окрасок андезин-лабрадоров от угла падения на иризирующую плоскость светового луча, а следовательно, и от угла преломления r , хорошо устанавливается на образцах с зонарным строением. Угол падения луча определялся ориентировочно по положению источника света (лампа), образца и глаза наблюдателя. Иризационные окраски фиксировались при двух значениях угла падения: максимальном — около 80° , и минимальном, равном 0° . Во всех случаях при уменьшении угла падения луча наблюдалось изменение иризационных окрасок в сторону увеличения их разности хода. В опытах Стокса⁽³⁾ с бертолетовой солью наблюдалось, что при увеличении угла падения отраженный свет смещался в сторону фиолетовой части спектра. Разность хода окраски нами оценивалась визуально в соответствии со шкалой интерференционных окрасок тонких пластинок. Например, для образца № 4 — андезин-лабрадора с зональным рисунком наблюдались следующие изменения:

При угле падения около 80°

1 зона, край зерна — золотисто-желтый, R около 500 мμ; 2 зона, широкая — зеленовато-желтый; 3 зона, очень узкая — зеленый; 4 зона, узкая — зеленовато-синий, R около 330 мμ; 5 зона — бесцветная.

При угле падения 0°

1 зона, край зерна — пурпурно-красный R около 790 мμ; 2 зона, широкая — коричнево-красный; 3 зона, очень узкая — золотисто-желтый; 4 зона, узкая — желтовато-зеленый; 5 зона — зеленовато-синий и синий, R около 330 мμ бесцветный участок уменьшился.

Таким образом, при изменении угла падения луча от 80° до 0° значение R изменяется примерно на 200 мμ, или на одну треть. Это полностью совпадает с результатами расчета, если для вышеуказанных величин угла падения рассчитать величины $\cos r$ и принять средний показатель преломления лабрадора 1,55.

5. Для изучения влияния изменений показателя преломления n на характер иризационных окрасок андезин-лабрадоров нами проведены определения показателей преломления в иммерсионных жидкостях. Спайные обломки выкалывались из разноокрашенных участков и зон кристаллов андезин-лабрадоров. Было изучено 7 образцов. Для всех случаев установлено, что изменение цветности в пределах одного кристалла обусловлено неоднородностью химического состава плагиоклаза, что подтверждает правильность предположения, высказанного в свое время В. С. Соболевым и Е. К. Лазаренко⁽¹⁾. Результаты измерений приведены в табл. 1.

Приведенные данные позволяют установить, что иризационная окраска с определенной разностью хода проявляется у плагиоклазов с определенными и постоянными показателями преломления, а следовательно, и с определенным химическим составом. С увеличением показателей преломления отдельных зон плагиоклаза разность хода иризационных окрасок увеличивается. Уравнение разности хода лучей в тонких пластинках (1) для этого случая остается в силе.

Таблица 1

№ образца	Месторождение	Цвета иризаци в зонах	Светопреломление на плоск. (010)		№ плаггио-клаза
			N'_g	N'_p	
2	Головино	Оранжево-желтый . .	$1,559 \pm 0$	$1,5545 \pm 0,0015$	51
		Синевато-зеленый . .	$1,558 \pm 0$	$1,553 \pm 0$	49
		Бесцветный	$1,5575 \pm 0,0015$	$1,5515 \pm 0,0015$	45
3	Волынь	Оранжево-желтый . .	$1,559 \pm 0,001$	$1,554 \pm 0,001$	50
		Синий	$1,558 \pm 0,001$	$1,553 \pm 0,001$	49
		Бесцветный	$1,556 \pm 0,001$	$1,5515 \pm 0,0015$	45
на (001)					
4	Полуостров Лабрадор	Пурпурно-красный . .	$1,562 \pm 0,003$	$1,556 \pm 0,001$	52
		Синий	$1,560 \pm 0,001$	$1,553 \pm 0$	49
		Бесцветный	$1,5575 \pm 0,0015$	$1,5515 \pm 0,0015$	45

Но иризационные окраски андезин-лабрадоров гораздо более чувствительны к изменению показателей преломления, чем интерференционные окраски тонких изотропных пластинок: ничтожные изменения показателей преломления на 0,002—0,003 вызывают во много раз превышающие изменения разности хода лучей иризационных окрасок — в наших примерах порядка 300—400 м μ . Это отличает их от обычных интерференционных цветов тонких пластинок. Уравнение разности хода здесь не выдерживается.

6. Для выяснения зависимости иризационных окрасок от толщины пластинки h были измерены толщины индивидов полисинтетических двойников иридирующих андезин-лабрадоров. Измерения производились в шлифах, приготовленных в сечениях $\perp$ (010). Применялся винтовой окуляр-микрометр и иммерсионный объектив 90 $\times$, цена одного малого деления окуляра равнялось 0,0001 мм.

Измерения плаггиоклазов разных месторождений показали, что иридирующие андезин-лабрадоры всегда имеют тонкое полисинтетическое строение со сравнительно хорошо выдерживающейся закономерностью, проявляющейся в последовательном чередовании широких и тонких двойниковых индивидов. В результате этого чередования тонкие индивиды заключены между двумя соседними широкими.

Толщина преобладающего числа тонких индивидов укладывается в пределах от 0,0005 до 0,0050 мм. Вычисленное количество таких тонких индивидов, приходящихся на 1 см толщины кристалла для обр. 2, Головино, равно 105 индивидов, а суммарное число тонких и широких равно 285 индивидов; для обр. 4, полуостров Лабрадор, число тонких индивидов равно 198, тонких и широких индивидов 436. Толщина преобладающего числа широких индивидов укладывается для обр. 2 в пределах от 0,0200 до 0,1000 мм, а для обр. 4 — от 0,0100 до 0,0900 мм. В обр. 2 имеются редкие двойниковые индивиды толщиной от 0,1 до 0,5 мм.

Аналогичные измерения для образцов неиридирующих лабрадоров показали, что у них тонкие индивиды толщиной до 0,0040 мм очень редки. Нет также резкой разницы в толщинах тонких и широких индивидов, почти отсутствует ритмичность в их чередовании.

Отсюда можно сделать вывод, что явления иризации обуславливаются наличием именно тонких двойниковых индивидов при их определенном количестве на единицу толщины кристалла плаггиоклаза. Этим объясняется то обстоятельство, что иризация остается заметной в шлифах толщиной 0,025 мм. Подстановка полученных значений толщин тонких индивидов

в формулу (1) приводит, однако, к слишком большим величинам разности хода лучей, что не отвечает наблюдаемым цветам иризационной окраски. Возможно, что иризационные окраски вызываются наличием субмикроскопических двойниковых индивидов, толщина которых не различима под микроскопом, но присутствие которых можно подозревать. Можно предположить также, что иризационные окраски контролируются не только толщиной индивидов, но и закономерностью их расположения. Рэлей⁽³⁾ предполагал причину окрасок кристаллов бертолетовой соли в наличии в них тонких пластинок, находящихся друг от друга на расстояниях, примерно равных длине световой волны.

7. Приведенные данные позволяют сделать следующие основные выводы.

Эффект иризации андезин-лабрадоров обуславливается интерференцией световых лучей, похожей на ту, которая имеет место в тонких пластинках. Разность хода лучей, определяющая иризационные окраски, только отчасти контролируется формулой (1). Отражающими поверхностями являются плоскости срастания индивидов полисинтетических двойников, обычно (010). Полисинтетические двойники чаще сдвойникованы по альбитовому закону. Для иридирующих плагиоклазов характерно тонкое полисинтетическое строение с закономерным чередованием тонких (0,0005—0,0050 мм) и широких индивидов и повышенной насыщенностью кристалла тонкими индивидами.

Изученные иридирующие плагиоклазы относятся к ряду андезин-лабрадоров от № 45 до № 55, иризационные окраски у них проявляются на участках и зонах с еще более узким интервалом в изменении химического состава от № 49 до № 52. Рисунок иризационного узора обуславливается неоднородностью химического состава кристаллов — зонарное и пятнистое строение. Каждой иризационной окраске отвечает определенный показатель преломления. Иризационный узор в образце позволяет без микроскопа расшифровывать детали внутреннего строения андезин-лабрадоров — прямая, обратная, переменная зонарность.

Пластинчатые и игольчатые микролитовые, закономерно ориентированные включения в андезин-лабрадорах, обуславливающие их темносеребряные, почти черные цвета, усложняют иризационные окраски золотистым и серебристым отливами (авантюризация).

В свете изложенного получают новое освещение результаты опытов Т. Н. Агафоновой⁽²⁾ по нагреванию лабрадоров. Наблюдавшееся при прокаливании изменение иризационной окраски и ее полное исчезновение являются результатом не только помутнения, как это предполагает автор, но и результатом изменения показателей преломления в отдельных участках кристаллов в связи с распадом и исчезновением игольчатых и пластинчатых включений. В связи с этим же возникает вопрос — нельзя ли соответствующим режимом нагревания кристаллов вызвать иризацию в неиридирующих андезин-лабрадорах?

Задача синтеза иридирующих светлых лабрадоритов, по нашему мнению, сводится к получению из расплавов тонкополисинтетических андезин-лабрадоров, сдвойникованных предпочтительно по альбитовому закону, строго определенного состава (№ 49 — № 52) с достаточной насыщенностью их тонкими индивидами.

Приношу благодарность Т. Я. Сёре за советы, Т. Н. Коровяковой и Н. И. Рычковой за помощь в выполнении отдельных определений.

Одесский государственный университет
им. И. И. Мечникова

Поступило
3 IV 1954

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Т. Н. Агафонова, Минерал. сборн., в. 4 (1950). ² Т. Н. Агафонова, ДАН, 89, № 5 (1953). ³ В. Д. Кузнецов, Кристаллы и кристаллизация, 1953. ⁴ Г. С. Ландсберг, Оптика, 1940. ⁵ В. Тарасенко, Зап. Киевск. общ. естествоисп., 15, в. 1 (1896).