

Л. А. ВАРДАНЯНЦ

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАЦИОНАЛИЗАЦИИ ПРАКТИЧЕСКОЙ СТОРОНЫ ФЕДОРОВСКОГО МЕТОДА

Федоровский метод существует уже более 60 лет, но до самого последнего времени не было дано теоретического решения главной задачи, решаемой на федоровском столике, а именно, для определения в шлифе ориентировки оптической индикатрисы. Применяемая при решении этой задачи последовательность наклонов и поворотов шлифа от некоторого исходного его положения была выработана главным образом эмпирически почти 50 лет назад и не только не имеет достаточного теоретического обоснования, но в некоторых ее положениях нерациональна и даже ошибочна. Рекомендуемая последовательность движений шлифа при косом сечении индикатрисы следующая: находим одно из положений погасания шлифа, наклоняем шлиф к себе (или от себя), наклоняем вправо или влево, до восстановления погасания, наклоняем от себя (или к себе), восстанавливаем погасание поворотом шлифа в его плоскости, опять наклоняем к себе, восстанавливаем погасание наклоном вправо или влево, и т. д., до получения сохраняющегося погасания. Эта рецептура движений, предложенная В. В. Никитиным и М. А. Усовым еще до 1910 г., повторяется после этого во всех руководствах по федоровскому методу, изданных как в СССР, так и в других странах.

В течение всего времени существования федоровского метода никем не было сделано серьезных попыток (за исключением неясно сформулированных самим Е. С. Федоровым еще в прошлом столетии некоторых основных теоретических положений) найти теорию решения данной задачи. Главная причина этого заключалась в том, что не было сделано полного математического анализа совокупности явлений погасания кристалла, возникающих в шлифе при разных его наклонах и поворотах, и при разном положении самого федоровского столика по отношению к главным сечениям николей. Второй причиной было то, что общее внимание было обращено лишь на практическую сторону использования федоровского столика—определение плагиоклазов.

Первой и до последнего времени единственной попыткой теоретического решения такой задачи являлся „метод оптических кривых“ Г. С. Федорова, предложенный им более 60 лет назад, в самом начале разработки федоровского метода. Но Е. С. Федоров не дал детально разработанной теории оптических кривых и вскоре отказался от этого метода и перешел к другому способу определения ориентировки оп-

тической индикатрисы. Этот новый способ был выведен, по-видимому, из метода кривых, но соответствующая зависимость не была освещена Е. С. Федоровым.

Метод оптических кривых не привлек к себе особого внимания, несмотря на чрезвычайную глубину его содержания, и не был понят даже крупнейшими учеными того времени. Показателем этого могут служить краткие критические высказывания крупнейшего петрографа прошлого столетия, Ф. Бекке, который в 1897 г. признал, что оптические кривые представляют коноскопические фигуры, получаемые в параллельном свете, но вместе с тем не понял, что оптическая кривая всегда должна проходить дважды через центр проекции, пересекаясь здесь сама с собой под углом 90° .

Необходимая теория, основанная на математическом анализе явлений погасания кристалла в шлифе при разных положениях последнего, была создана лишь в последние годы. Это—предложенные нами стереоконоскопическое уравнение и, соответственно, метод исследования. Первоначально, в 1945 и 1947 гг., были детально разработаны только нормальный и диагональный варианты метода, при которых главная ось федоровского столика (ось восток-запад) занимает неизменное положение: либо в плоскости главного сечения одного из никелей, при нормальном варианте; либо под углом 45° к ним, при диагональном варианте [1, 2]. Эти варианты метода оказались недостаточными для полного решения задачи по определению ориентировки оптической индикатрисы, так как стереофигуры, свойственные этим вариантам, существенно изменяются даже при незначительном повороте шлифа в его плоскости, а без такого поворота нельзя совместить ось индикатрисы с главной осью федоровского столика. После этого, в 1954 г., нами была разработана, также путем математического анализа, теория вращательного варианта того же метода [3]. Поскольку этот вариант тождествен методу оптических кривых Е. С. Федорова, постольку его теория является также теорией и оптических кривых.

Наконец, в 1956 г. нами была опубликована математическая теория инверсионных стереофигур, каждая точка которых проектируется в 90° от соответствующей ей точки вращательной стереофигуры, притом на диаметре, проходящем через центр проекции [4]. Чрезвычайно важной особенностью вращательных и инверсионных стереофигур является то, что они не изменяются при вращении шлифа в его плоскости и при его наклонах около какой либо одной из осей, лежащих в плоскости шлифа. Теория вращательного и, особенно, инверсионного варианта дала полное теоретическое решение задачи по определению ориентировки оптической индикатрисы.

Стереофигуры вращательного варианта для косоугольного сечения кристалла характеризуются: а) наличием трех (по числу осей индикатрисы) узловых точек, положение которых определяется только ориентировкой сечения индикатрисы и абсолютно не зависит от угла оптических осей, причем две из этих точек всегда расположены в пределах

поля зрения федоровского столика и б) обязательной, почти полной прямолинейностью тех отрезков стереофигуры, которые соединяют центр фигуры с узловыми точками, соответствующими осям N_g и N_p , если эти оси составляют с плоскостью шлифа угол не более $40-50^\circ$, т. е. когда они могут быть совмещены с главной осью федоровского столика.

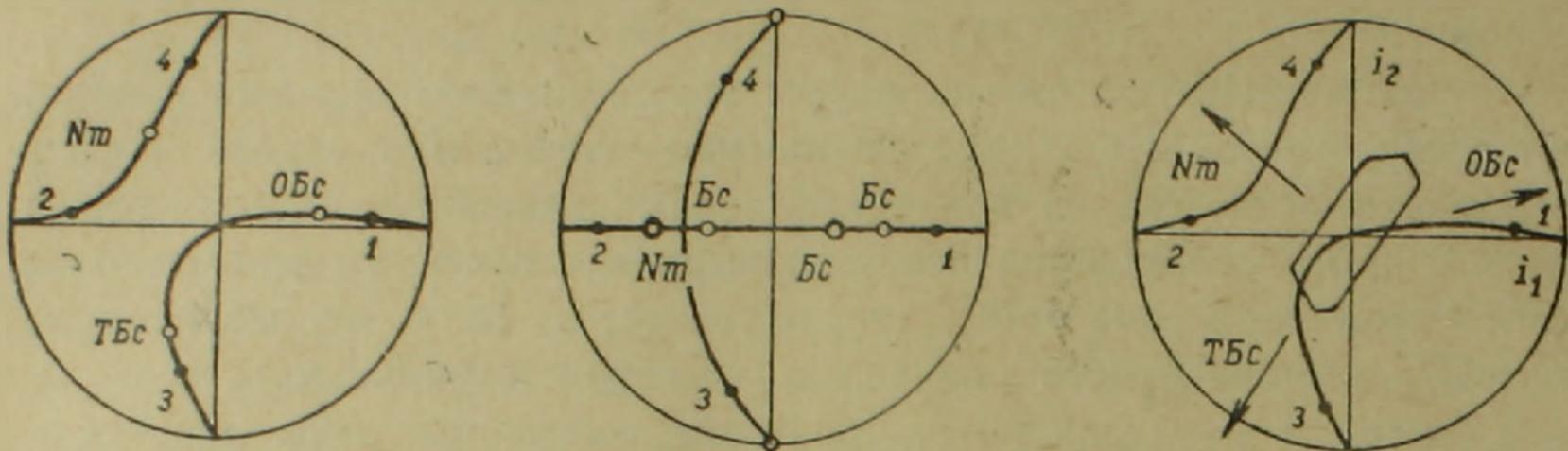
Эти особенности стереофигуры вращательного варианта позволяют сразу же найти в шлифе ее опорные элементы и затем посредством немногих, вполне целеустремленных движений шлифа достигнуть точного совмещения оси индикатрисы с главной осью федоровского столика. Кроме того, стереофигура, в силу ее особенностей, позволяет очень просто определить в косом сечении кристалла тот его сектор, в пределах которого расположена ось N_m , причем это выполнимо даже и тогда, когда еще не найдена ни одна из осей индикатрисы, и когда сама стереофигура еще не построена.

Инверсионные стереофигуры, гораздо более удобные в практическом отношении, характеризуются: а) простотой и однообразием формы, вне зависимости от характеристики кристалла и ориентировки сечения, б) легкостью их построения, так как они всегда проходят через точки пересечения направлений погасания с основным кругом проекции, совпадающим с плоскостью шлифа, и в) тем, что проекции осей индикатрисы лежат всегда на линиях самой стереофигуры.

На фиг. 1 изображена общая форма этих стереофигур для косо-го сечения, сразу показывающая приблизительное местонахождение биссектрис и оси N_m . На фиг. 2 дана из частных форм стереофигуры, однотипная как для одноосного кристалла (в косом сечении), так и для двуосного, если одна из осей индикатрисы (N_m или биссектриса) совпадает с плоскостью шлифа. Такая стереофигура состоит из диаметра и дуги большого круга, причем у одноосных кристаллов полюс дуги совпадает с проекцией оптической оси. У двуосных же кристаллов полюс дуги не совпадает с проекцией биссектрисы, в связи с чем третья ось индикатрисы располагается по одну или другую сторону от точки пересечения дуги и диаметра, в зависимости от того, какая ось индикатрисы совпадает с плоскостью шлифа — ось N_m или биссектриса. Крайними формами инверсионных стереофигур двуосного кристалла являются прямая линия (диаметр), если сечение перпендикулярно к оптической оси, и прямоугольный крест, совпадающий с направлениями погасания, если сечение перпендикулярно к одной из осей индикатрисы. Эти формы стереофигуры выводятся из стереофигуры, показанной на фиг. 2, путем ее поворота (около оси, совпадающей со шлифом) и совмещения дуги большого круга с основным кругом проекции или с диаметром.

Построение инверсионной стереофигуры, требующее лишь доли минуты, может быть произведено в общем случае (для косо-го сечения) следующим образом.

А) Зарисовываем схематически кристалл, наносим направления погасания и около каждого из них пишем то показание индекса внутреннего круга столика, при котором это направление погасания совмещено с осью восток-запад (i_1 и i_2 ; фиг. 3).



Фиг. 1, 2 и 3. Диаметры, перпендикулярные друг к другу, показывают направления погасания. ОБС и ТБС—острая и тупая биссектрисы. i_1 и i_2 —отсчеты по индексу внутреннего круга столика для положений погасания. 1, 2, 3 и 4—точки стереофигуры, находящиеся посредством совмещения оси восток-запад со стереофигурой.

Б. Обводим рисунок от руки окружностью, чтобы ветви креста направлений погасания были примерно одинаковыми.

В) Ставим шлиф в одно из положений погасания (например для индекса i_1 , фиг. 3), наклоняем шлиф вправо на $10-15^\circ$, восстанавливаем нарушившееся погасание поворотом внутреннего круга столика и наносим приблизительно проекцию оси восток-запад (точка 1). Особая точность построений при этом не требуется, нужно лишь правильно нанести проекцию над или под линией направления погасания. Выполняем это для другого конца этого же направления погасания (точка 2). Проверкой служит то, что обе точки должны расположиться либо над, либо под линией погасания.

Г) Выполняем эти же операции для второго направления погасания (точки 3 и 4).

Все эти операции должны производиться при обязательном условии, чтобы ось север-юг была перпендикулярна к оси микроскопа и совпадала с главным сечением одного из николей.

Из найденных четырех точек две точки (на фиг. 3 точки 2 и 4) должны располагаться совместно в одном из секторов креста погасаний, а остальные две—по одной в секторе. Один из секторов остается „пустым“. В частном случае две или все четыре точки могут спроектироваться на самих направлениях погасания. Найдя указанным способом четыре точки, соединяем их кривыми в соответствии со схемой фиг. 1 или 2, после чего на зарисовке кристалла (фиг. 3) показываем стрелками те его секторы, в пределах которых лежат острая и тупая биссектрисы и ось Nт.

После того, как построена такая схема, уже очень легко найти точное положение нужной оси индикатрисы, так как поставив шлиф

в положение погасания мы тем самым совмещаем ось восток-запад непосредственно со стереофигурой, на которой лежит и ось индикатрисы. Следовательно, можно посредством только двух повторяющихся движений (наклон шлифа в одну из сторон и поворот шлифа в его плоскости) скользить осью восток-запад по стереофигуре до момента совмещения этой оси с осью индикатрисы. При этом поворот шлифа должен производиться с соблюдением указанного выше обязательного условия (перпендикулярность оси север-юг к оси микроскопа и совпадение с главным сечением николя). Подобный порядок работы исключает все те недоразумения и ошибки, которые обычны при уже укоренившихся приемах работы, а вместе с тем делает работу полностью целеустремленной.

Подробное изложение теории и практической методики такого исследования подготавливается в виде специального методического руководства.

Теория вращательного и связанного с ним инверсионного варианта стереофигур, позволяющая рационализировать практическую сторону федоровского метода, является вместе с тем полным завершением теории этого метода. Заслуживает внимания то, что стереоконоскопические уравнения дают общее решение вопроса, частные случаи которого, в виде диаграмм углов погасания разных сечений плагиоклазов по отношению к следу плоскости второго пинакода в том или ином сечении кристалла, были решены А. Мишель-Леви, Л. Дюпарком и М. Рейнгардом. Уравнение, выведенное А. Мишель-Леви еще в прошлом столетии и являющееся частной формой стереоконоскопического уравнения, по-видимому может быть применено для радиального варианта стереоконоскопического метода, детально еще не разработанного. Вместе с тем оно может быть использовано как основа для составления полной теории методов исследования при посредстве гемисферных приборов тех типов, которые были сконструированы, например В. В. Аршиновым.

Представляет исключительный интерес то, что в этом завершении теории федоровского метода мы как бы вернулись (по спирали) к тому, с чего началась разработка этого метода, к его зародышу — к методу оптических кривых Е. С. Федорова, но в качественно иной, более совершенной форме в виде инверсионных стереофигур. Вместе с тем мы можем гордиться тем, что это завершение теории федоровского метода было выполнено в Советском Союзе, на родине Е. С. Федорова и созданного им метода, получившего уже полное признание во всем мире.

Поступила 15 I 1958

Լ. Ա. ՎԱՐԴԱՆՅԱՆՑ

ՖՅՈՒՐՈՎԻ ՄԵԹՈՂԻ ՊՐԱԿՏԻԿ ԿՈՂՄԻ ՌԱՑԻՈՆԱԼԱՑՄԱՆ
ՏԵՍԱԿԱՆ ՀԻՄՈՒՆՔՆԵՐԸ

Ա մ փ ո փ ու լ մ

Հողվածում համառոտակի նշված է Ֆյուդորովի սեղանով աշխատելու, էմպիրիկորեն մշակված այն մեթոդների անբավարարությունը, որոնք Ֆյուդորովի մեթոդին նվիրված արդեն հրատարակված ձեռնարկներում առաջարկվում են օպտիկական ինդիկատրիսի առանցքների դիրքի որոշման համար:

Երա հետ մեկտեղ, հողվածում ապացուցված է, որ ինվերսիան ստերեոկոնոսկոպիկ պատկերների թեորիայի հիման վրա կարող է առաջարկվել աշխատանքի լրիվ ռացիոնալացված կարգ:

Աշխատանքի այդ նոր կարգի կիրառման դեպքում հետազոտողը առանց դժվարության 20—40 վայրկյանի ընթացքում հենց միանգամից կարող է շլիֆում գտնել բյուրեղի կտրվածքի այն նեղ հատվածները, որոնց սահմաններում տեղավորված է ինդիկատրիսի այս կամ այն առանցքը: Երանից հետո, մարման այս կամ այն ուղղություները ընդունելով որպես ելակետ, հետազոտողը կարող է սեղանի արևելք-արևմուտք առանցքով սահել ըստ ինվերսիոն կորագծի և համատեղել սեղանի այդ առանցքը ինդիկատրիսի ցանկացած (ըստ հետազոտողի ընտրության) առանցքի հետ: Երա շնորհիվ, ինդիկատրիսի առանցքների որոնման պրոցեսը դառնում է լրիվ ռացիոնալացված և նպաստակասուց, ընդ որում լրիվ բացառվում են բոլոր այն սխալներն ու թյուրիմացությունները, որոնք բավական հաճախ են պատահում աշխատանքի նախկին մեթոդների կիրառման դեպքում:

Այսպիսով, ինվերսիոն ժավալապատկերները ու նրանց տեսությունը, նրանց վրա հիմնված գործնական հանձնարարությունների հետ միասին համարվում են Ֆյուդորովի մեթոդի տեսության ավարտումը: Կարելի է հպարտանալ նրանով, որ դա կատարվել է Ե. Ս. Ֆյուդորովի ու նրա կողմից ստեղծած ամբողջ աշխարհում ճանաչված մեթոդի հայրենիքում:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Варданянц Л. А. Стереоконоскопический метод исследования минералов. ДАН СССР, т. 50, 1945.
2. Варданянц Л. А. Основы стереоконоскопического метода. Изд. Академии наук АрмССР, 1947.
3. Варданянц Л. А. Теория оптических кривых Е. С. Федорова и вращательного варианта стереоконоскопического метода. Известия Академии наук АрмССР, серия физ.-мат., ест. и техн. наук, т. VII, № 6, 1954.
4. Варданянц Л. А. К теории и практике федоровского метода. (Инверсионные стереофигуры и главное направление двойника). Вестник Ленингр. гос. универс., № 18, 1956.