

УДК 523.4—357

## Лабораторные исследования отрицательной поляризации света, рассеянного поверхностями со сложной структурой.

### Некоторые следствия для безатмосферных космических тел. III

Ю. Г. Шкуратов, Л. Я. Мелкумова, Д. Д. Бадюков

Представлены данные поляриметрии природных образцов горных пород при малых углах фазы. Исследование шлифов и аншлифов некоторых пород показало, что отрицательная поляризация свойственна образцам, имеющим одновременно сложный рельеф поверхности и зернистое строение при характерных размерах зерен порядка 1 мкм. Изучено влияние на отрицательную поляризацию ударного метаморфизма и степени выветрелости пород. Обнаружено необычное поведение поляриметрических характеристик ильменита при изменении геометрии светорассеяния. Обсуждается возможная природа исследованных эффектов.

*LABORATORY STUDIES OF NEGATIVE POLARIZATION OF LIGHT SCATTERED BY COMPLEX STRUCTURE SURFACES. SOME SEQUENCES FOR ATMOSPHERELESS COSMIC BODIES. III, by Shkuratov Yu. G., Melkumova L. Ya., Badyukov D. D. — Polarimetric properties of some terrestrial rocks in polished and grinding forms are investigated. It is found that negative polarization is characteristic of samples having a complex relief as well as a granular structure in 1  $\mu\text{m}$  scale. The effects of the shock metamorphism and weathering processes on the negative polarization are also studied. The origin of these effects is discussed.*

В предыдущих частях настоящей работы [4, 5] изложены результаты поляриметрических измерений при малых углах фазы некоторых техногенных поверхностей, а также дано описание применявшегося фотометра-поляриметра. Однако для проблем безатмосферных космических тел наибольший интерес представляют измерения природных образцов пород как возможных аналогов их поверхностей. В этой части работы рассматриваются результаты поляриметрии некоторых природных образцов горных пород, проводится сопоставление полученных результатов с данными измерений техногенных материалов, а также обсуждаются вопросы, связанные с интерпретацией отрицательной поляризации света.

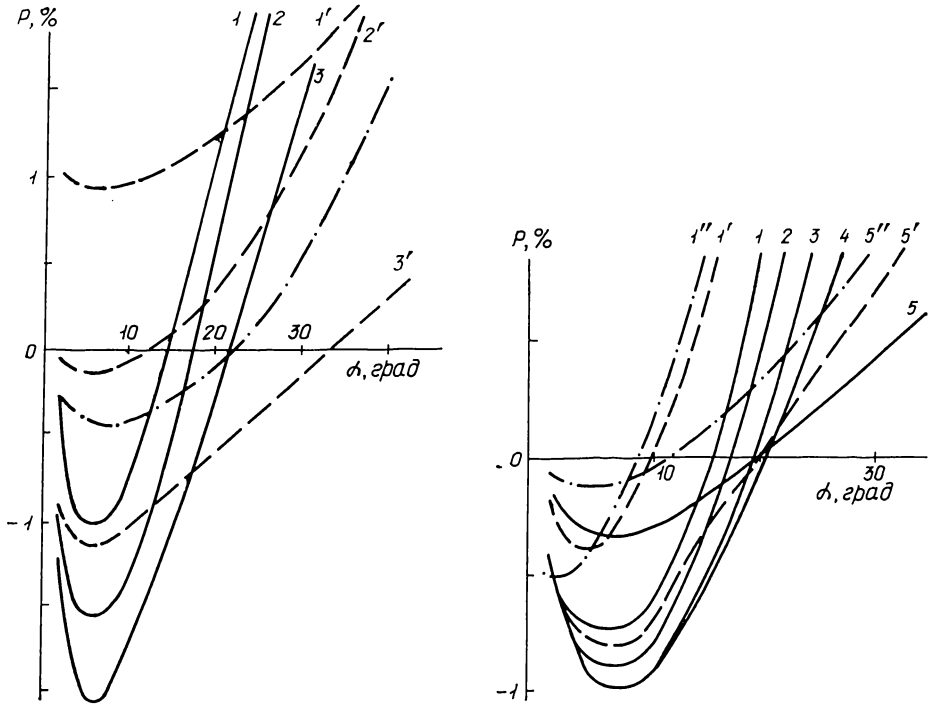
**Результаты лабораторной поляриметрии.** Рассмотрим влияние особенностей структуры светорассеивающего слоя природных образцов на параметры отрицательной поляризации (ОП) и поведение ОП при изменении геометрии светорассеяния. Как и ранее, кроме специально отмеченных случаев, поляриметрия проводилась в красных лучах ( $\lambda_{\text{эф}} = 0.65$  мкм), а нормаль образцов ориентировалась в направлении на приемник света.

**Влияние структуры.** Известно, что ОП обычно возникает при рассеянии света на поверхностях со сложной структурой [1, 6]. Однако до сих пор не изучен вопрос о том, что же конкретно понимать под определением «сложная структура». Другими словами, уже давно существует необходимость исследовать количественно влияние тех или иных параметров структуры светорассеивающего слоя на параметры ОП.

Прежде всего следует различать внешнюю и внутреннюю структуры рассеивающего слоя. Под внешней структурой понимаем микрорельеф поверхности, которая является геометрическим местом точек первого касания падающими световыми лучами рассеивающего слоя, под внутренней структурой — гранулированность (зернистость) поверхности. Рельеф поверхности можно в некотором приближении описывать функцией распределения нормалей микроплощадок по углам. Для описания гранулированности рассеивающего слоя нужен большой набор характеристик. В частности, если исследуется многофазный (например, полиминеральный) объект, то можно ввести функции распределения по размерам фрагментов этих фаз, причем в случае пористой (порошкообразной) среды объема, не занятой веществом, формально можно рассматривать как одну из составляющих фаз среды. Такое описание включает в себя также случай, когда

среда является порошкообразной, т. е. состоящей из отдельных частиц, которые в свою очередь имеют внутреннюю структуру (зернистое строение или наличие внутренних границ).

Другая важная характеристика светорассеивающих материалов — степень их оптической гетерогенности (оптической контрастности) для различных масштабов неоднородностей. Степень оптической гетерогенности среды можно характеризовать, например, по различию прозрачности частиц разных фаз, но одного размера, или по разли-



*Рис. 1.* Фазовые зависимости поляризации для образцов базальта (шлиф — сплошные кривые и аншлиф — штриховые) при различных углах визирования. Штрихпунктирная кривая соответствует шлифу, погруженному в глицерин. Кривым соответствуют следующие пары значений фотометрических «долготы» и «широты»: 1, 1' — 0, 20°; 2, 2' — 0, 0; 3, 3' — 20°, 0

*Рис. 2.* Фазовые зависимости поляризации для ильменита, пироксена и их смесей. Ильменит и пироксен: 1, 5 — рыхлая пудра (размер частиц  $a \leq 5$  мкм); 1', 5' — сильно уплотненная пудра (нагрузка около 40 кг/см<sup>2</sup>, поверхность образца гладкая); 1'', 5'' — исходный порошок ( $a \leq 100$  мкм). Смесь ильменита и пироксена: 2 — 4 : 1 по объему; 3 — 1 : 1; 4 — 1 : 4

чию альbedo составляющих многокомпонентной смеси. В дальнейшем, не определяя введенные понятия более строго, будем пользоваться ими при описании и обсуждении экспериментальных результатов.

Для понимания природы ОП важно изучение влияния на ее параметры внешней и внутренней структур светорассеивающего слоя. Из результатов, приведенных в [4, 5], следует, что черное матовое стекло (характерный размер неоднородностей рельефа около 30 мкм), а также образцы порошков черных стекол с размерами частиц более 10 мкм практически не обнаруживали ОП. Таким образом, сам сложный рельеф поверхности при характерных размерах неоднородностей, намного превышающих длину световой волны, при условии его пространственной изотропности, не порождает заметной ОП\*.

\* Все это относится только к гомогенным диэлектрикам. В случае металлов крупнозернистые порошки или грубые шероховатые поверхности могут иметь значительную ОП [5].

Представляло интерес убедиться, что и сама по себе сложная внутренняя структура рассеивающего слоя также не порождает существенной ОП. Для этого мы провели поляриметрию аншлифов и шлифов нескольких образцов базальта, диабазы и гранита (здесь и далее под шлифом понимаем матированную поверхность образца). На рис. 1 штриховая кривая 2' соответствует аншлифу базальта с зернистой микроструктурой. При измерениях фотометрическая широта составляла 0, а фотометрическая долгота 2°. Небольшое отличие фотометрической долготы от нуля связано с необходимостью увести от приемника света блик (отражение источника света), свойственный аншлифам (как и всяким зеркальным поверхностям). Из рис. 1 видно, что в этом случае ОП практически не обнаруживается.

Затем мы исследовали шлиф того же образца. Шлифовка проводилась абразивом с размерами частиц около 30 мкм (как и в случае черного стекла). Шлиф измерялся при той же геометрии светорассеяния. Результаты измерений представлены на рис. 1 сплошной кривой 2. В этом случае возникла ОП, достигающая 1.5%. Качественно та же картина наблюдалась и у других образцов. Влияние рельефа на ОП дополнительно подтверждается штрихпунктирной кривой, которая соответствует шлифу базальта, погруженного в иммерсию (глицерин). С помощью иммерсии мы как бы «выключили» рельеф и вновь воссоздали условия светорассеяния в аншлифе. При этом за счет неравенства коэффициентов преломления глицерина и базальта эффект рельефа частично сохранился, поэтому в данном случае ОП все же наблюдается, но в значительно ослабленном виде. Уменьшение ОП обнаруживалось также в результате полировки шлифа, которая приводила к сужению функции распределения нормалей микроплощадок и их сосредоточению вблизи глобальной нормали поверхности.

Таким образом, для возникновения ОП у диэлектриков важным условием является наличие одновременно сложного микрорельефа и сложной внутренней микроструктуры поверхности.

Обсудим влияние характеристик внутренней структуры образцов. Отчасти этот вопрос рассматривался в [5] на примере образцов техногенного происхождения. Было показано, что однородные диэлектрические порошки независимо от альбедо обнаруживают заметную ОП в случае, когда они содержат в достаточном количестве мелкие частицы размерами порядка 1 мкм. Спрессовывание порошков в одних случаях приводит к усилению ОП, в других — к ослаблению. Тонкодисперсные смеси порошков с сильно отличающимися альбедо имеют более выраженную ОП, чем отдельные компоненты. Эти закономерности необходимо проверить на образцах природного происхождения. Для измерений взяты ильменит и низкожелезистый пироксен. Ильменит — темноцветный минерал, сохраняет очень низкое альбедо ( $\approx 4-5\%$ ) даже при растирании в пудру. Исследовавшийся пироксен — светлый минерал со слегка зеленоватым оттенком, при растирании в пудру имеет альбедо около 55%. Данные поляриметрии этих образцов и их смесей приведены на рис. 2, из которого следует, что у природных образцов, как и у техногенных, наблюдается усиление ОП с уменьшением размеров частиц. При уплотнении ильменит и пироксен ведут себя по-разному: у пироксена ОП возрастает, у ильменита — убывает. Для смеси этих веществ удается добиться почти полного отсутствия реакции ОП на прессовку. Изменения ОП рыхлых смесей ильменита и пироксена в зависимости от их пропорции можно проследить по кривым 1—5 (рис. 2). С увеличением доли светлого компонента увеличивается угол инверсии. При этом величина минимума вначале возрастает, достигая наибольшего значения для соотношений компонентов, приблизительно равных по величине, а затем уменьшается.

Таким образом, влияние характеристик внутренней структуры рассеивающей поверхности на величину ОП, выявленное на примере техногенных образцов, подтверждается исследованиями природных материалов.

*Влияние ударного метаморфизма.* Микроструктура твердых поверхностей космических тел в значительной мере формируется под действием экзогенных процессов. Для безатмосферных тел — это импактные процессы разных масштабов, которые действуют в сочетании с облучением частицами солнечного ветра. Для планет с атмосферами — это процессы выветривания. Остановимся на исследовании влияния на ОП двух процессов: ударного метаморфизма и процесса химического выветривания.

Для опытов по изучению влияния ударного метаморфизма использовались два типа природных образцов: 1 — дунит, состоящий практически целиком (94% по объему) из зерен оливина (средний размер зерен 1.5 мм). Состав оливина — форстерит (90%)

и фаялит (10 %). Имеются примеси ортопироксена (1.5 %), плагиноклаза (2 %), а также хромита (1.5 %) и серпентина (1 %); 2 — гигантозернистый агрегат энстатита, сложенный короткопризматическими зернами длиной около 10 мм, состав — энстатит (90 %) и ферросилит (10 %) с отдельными включениями хромоливина. Образцы изготовлялись в виде дисков, которые запрессовывались в вещество, обладающее близким ударно-волновым импедансом; после чего запрессовка помещалась в металлический контейнер, предохраняющий образец от разлета в воздух. Ударные волны генерировались либо детонацией заряда взрывчатого вещества, лежащего непосредственно на защитной крышке контейнера, либо ударом по ней алюминиевой пластины (ударника), разогнанной продуктами детонации взрывчатого вещества. Для получения более высоких давлений применялись цилиндрические ампулы сохранения, расположенные по оси заряда взрывчатого вещества [2]. Данные об условиях ударно-волнового нагружения образцов приведены в таблице.

#### Условия ударно-волнового нагружения природных образцов

Номер образца	Тип генератора ударной волны	Вид ударной волны	Максимальное давление в ударной волне, ГПа
Дунит			
1	Накладной заряд	Плоская	17.0
2	Тот же	»	26.5
3	Ударник со скоростью полета 3.06 км/с	»	28.5
4	Ударник со скоростью полета 3.8 км/с	»	42.5
5	Цилиндрический заряд	Сходящаяся	80.0
Энстатит			
6	Накладной заряд	Плоская	12.0
7	Ударник со скоростью полета 1.95 км/с	»	17.0
8	Ударник со скоростью полета 3.8 км/с	»	42.0
9	Цилиндрический заряд	Сходящаяся	80.0

После сжатия ударной волной образцы представляли собой массу, легко рассыпающуюся вследствие интенсивного развития трещин, количество которых возрастает по мере увеличения динамического давления. Далее образцы детально изучались под микроскопом. Зерна оливина в исходном образце дунита разбиты трещинами (часть из них обусловлена спайностью) на фрагменты удлиненной формы, длиной около 200 мкм и шириной около 80 мкм. В образце, испытанном на нагрузку 17 ГПа, характер трещиноватости остался тем же. При давлениях 26.5 и 28.5 ГПа трещины разбивают зерна оливина на фрагменты примерно  $200 \times 100$  мкм, которые в свою очередь содержат систему тонких субортогональных трещин, так что каждый фрагмент состоит из прямоугольных блоков примерно  $30 \times 10$  мкм. Кроме того, наблюдаются зерна с системой прямолинейных открытых трещин, отстоящих друг от друга на 30—40 мкм. Интенсивно развивается также система микротрещин порядка 1 мкм, что видно из появления замутненности зерен образцов. Об изменении структуры зерен, вплоть до атомных масштабов, свидетельствует также уширение линий на дифрактограммах образцов. При отмеченных давлениях начинает проявляться мозаичность кристаллов, причем угол разориентировки отдельных участков достигает  $6^\circ$ . В некоторых случаях по границам зерен наблюдается микробрекчиевая структура. Аналогичные по характеру, но более сильно выраженные эффекты ударно-волнового воздействия имеет образец, испытанный давлением 42.5 ГПа. В нем также есть участки, сложенные радиально-лучистыми агрегатами кристаллов оливина, что обычно свидетельствует о локальном плавлении этих областей. Центральная часть образца, подвергнутого ударно-волновому воздействию в

цилиндрической ампуле сохранения (давление около 80 ГПа), испытала полное плавление и также состоит из радиально-лучистых агрегатов оливина. Образцы энстатита, нагруженные до 12, 17 и 42 ГПа, подобно образцам дунита, несут следы интенсивного дробления и развития систем трещин в широком спектре масштабов. Зерна энстатита, испытывавшего давление 42 ГПа, имеют следы интенсивной пластической деформации, выражающиеся в мозаичности. Образец, нагруженный цилиндрической сходящейся удар-

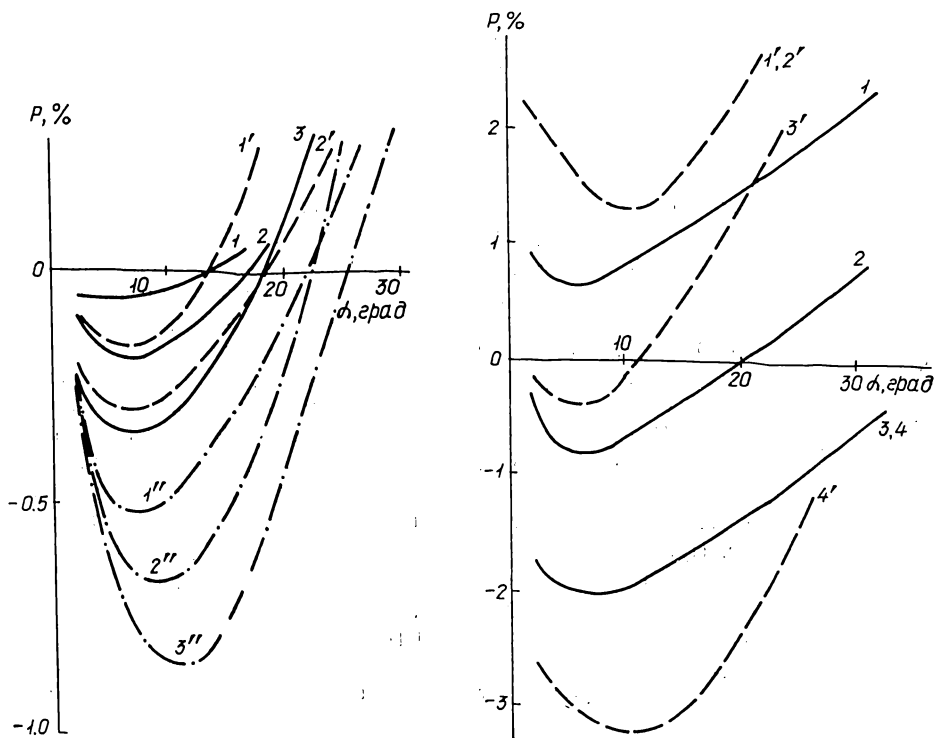


Рис. 3. Фазовые зависимости поляризации для природных образцов. Сплошные кривые соответствуют оливину, подвергнутому ударному метаморфизму: 1 — исходный образец, средний размер частиц  $a \approx 70$  мкм; 2 — образец после нагрузки 28.5 ГПа; 3 — образец после нагрузки 80 ГПа. Штриховые кривые соответствуют образцу энстатита с  $a \approx 40$  мкм: 1' — до ударной нагрузки; 2' — после ударной нагрузки 42 ГПа; Штрихпунктирные кривые относятся к базальту различной степени выветрелости ( $a < 60$  мкм). Кривые 1'', 2'' и 3'' относятся к образцам с потерями при прокаливании соответственно 0.31, 0.69 и 12.02 %

Рис. 4. Фазовые зависимости поляризации для ильменита и пироксена ( $a < 5$  мкм) при различных значениях углов визирования. Кривым соответствуют следующие пары значений фотометрических «долготы» и «широты» для ильменита (штриховые кривые): 1', 2' —  $\pm 50^\circ$ , 0; 3' — 0, 0; 4' — 0,  $50^\circ$ ; для пироксена (сплошные): 1 — 0,  $50^\circ$ ; 2 — 0, 0; 3, 4 —  $\pm 50^\circ$ , 0

ной волной, в центральной части претерпел плавление и состоит из агрегатов удлиненных новообразованных кристаллов пироксена, в интерстициях которых находится стекло.

Для поляриметрических измерений образцы подверглись слабому дроблению, затем просеивались на ситах. Использовалась фракция с размером частиц от 40 до 100 мкм. На рис. 3 приведены фазовые зависимости поляризации исходных образцов дунита и энстатита и образцов, претерпевших ударный метаморфизм. Как видно из рис. 3, ударный метаморфизм оказывает влияние на параметры ОП образцов. Хотя в абсолютном выражении эффект невелик, он уверенно обнаруживался при многократных повторных измерениях. Относительные различия кривых ОП велики. Нет сомнения в том, что эти различия отражают изменения внутренней микроструктуры образцов при ударно-волновом нагружении.

*Влияние химического выветривания.* Для изучения влияния химического выветривания отобраны образцы базальтов примерно одного исходного состава, но различной степени выветрелости. Последняя оценивалась по потерям при прокаливании. Прокаливание образцов проводилось в течение нескольких часов. Потери летучих ( $H_2O + CO_2 + \dots$ ) определялись путем взвешивания. Из рис. 3 видно, что более выраженная ОП соответствует наиболее выветрелому образцу. Процессы химического выветривания изменяют и состав, и микроструктуру породы, причем, как видно из приведенных данных, характер этих изменений такой, что ОП возрастает по мере их нарастания.

*Влияние геометрии светорассеяния.* В [5] рассматривалось влияние геометрии светорассеяния на параметры ОП на примере техногенных образцов (порошков стекол и металлов). Было показано, что при отклонении нормали образца в плоскости рассеяния от направления на источник света (по «долготе») ОП увеличивается, а при отклонении нормали в перпендикулярной плоскости (по «широте») ОП уменьшается. Эти закономерности отчетливо видны на образцах, состоящих из полупрозрачных частиц. У исследованных металлов этот эффект либо отсутствовал, либо обнаруживалась обратная закономерность. Рис. 4 иллюстрирует влияние геометрии светорассеяния на параметры ОП применительно к двум природным образцам (ильменита и пироксена), которые уже описывались выше. Для измерений использовалась пудра, спрессованная при нагрузке около  $40 \text{ кг/см}^2$ , что позволило достичь больших отклонений нормали образца от направления на приемник (до  $50^\circ$ ). Из рис. 4 следует, что в случае природных образцов, как и в случае техногенных, геометрия светорассеяния играет большую роль при формировании ОП. Неожиданным оказалось поведение ОП ильменита при изменении угла визирования. В этом случае ОП становится более выраженной при наклоне нормали образца по «широте», а не по «долготе». Как уже отмечалось, «ильменитоподобное» поведение ОП при изменении геометрии светорассеяния наблюдается только у некоторых металлов. Путем смешивания порошков ильменита и пироксена можно добиться нулевой реакции ОП на наклон нормали образца. Это еще раз указывает на необходимость описания при любых поляриметрических измерениях геометрии светорассеяния, чем часто пренебрегают исследователи [7].

**Обсуждение результатов.** На основе полученных экспериментальных данных представим наши соображения, которые могут оказаться полезными при построении теории ОП.

1. Эксперименты с разделением влияния эффектов внешней и внутренней структур поверхности ставят под сомнение применимость модели Вольфа [9] и других сходных моделей [3, 8] для объяснения ОП, свойственной диэлектрикам. Одновременно эти эксперименты намечают пути построения более адекватных моделей.

Как уже неоднократно отмечалось нами, порошки диэлектриков, размеры частиц которых превышают  $10 \text{ мкм}$  и при этом однородны по составу, т. е. не имеют внутренних границ, почти не обнаруживают ОП, если нормаль образца ориентирована на приемник света. Таким образом, двукратное френелевское рассеяние, на учет которого базируются модели [3, 8, 9], не обеспечивает ОП нужной величины, по-видимому, из-за малого энергетического вклада двукратного френелевского рассеяния по сравнению с однократным и (или) многократным. С другой стороны, «включение» внутренней микроструктуры при наличии сложного микрорельефа образца способствует возникновению ОП. Напрашивается вывод о том, что ОП порождают многократно рассеянные лучи. Возникает вопрос, почему эти лучи поляризованы. Приведем возможное объяснение. ОП порождают многократно рассеянные лучи, которые вначале выходят из среды приблизительно параллельно средней поверхности образца, затем испытывают последнее френелевское отражение на элементах микрорельефа образца, при этом поляризуются и направляются в сторону наблюдателя, находящегося (в стандартных условиях наших измерений) в направлении нормали образца. Однако для функционирования этого механизма необходимо обеспечить анизотропию таких отражений для углов фаз, отличных от нуля. Можно показать (это будет сделано в дальнейшем), что такая анизотропия возникает при светорассеянии совершенно естественно и приводит к возникновению ОП.

2. Обсудим влияние внутренней структуры образца на ОП. Почему оптическая гетерогенность образца вызывает усиление ОП? Исчерпывающего ответа на этот вопрос пока нет. Здесь мы хотим обратить внимание на одно существенное отличие гетерогенной и гомогенной структур, которое проявляется оптически. Пусть на поверхность

зернистой (порошкообразной) среды падает световой пучок, диаметр которого много меньше размеров зерен среды ( $l_1$ ). В результате рассеяния обратный выход лучей из среды будет сосредоточен в области с некоторым характерным размером  $l_2$ . По аналогии с тем, как это делается в теории фотографии, такую область можно назвать пятном рассеяния. Если  $l_2 \leq l_1$ , то это означает отсутствие многократного внутреннего рассеяния. Данный случай не представляет интереса. Условие  $l_2 \gg l_1$  выполняется для среды, состоящей в основном из полупрозрачных частиц, т. е. в случае относительно однородной среды. И только когда имеется контрастная гетерогенная структура с примерно равным содержанием темного и светлого компонентов, справедливо соотношение  $l_2 \approx l_1$  (каждая светлая частица окружена темными частицами, которые экранируют другие светлые частицы, предотвращая межчастичное светорассеяние).

Таким образом, вывод о том, что ОП порождается многократно рассеянными лучами, по-видимому, необходимо отредактировать так: ...лучами, многократно рассеянными в области, примерно равной среднему размеру зерна поверхности. Становятся понятными результаты поляриметрии метаморфизованных природных образцов. Так, в случае ударного метаморфизма развитие микротрещин, т. е. появление внутренних границ в частицах оливина и пироксена, уменьшило  $l_2$  по сравнению с первоначальным и привело к увеличению ОП. По поводу экспериментов с выветрелыми образцами можно отметить следующее. Процесс химического разложения горных пород при выветривании носит ярко выраженный микроочаговый характер, что приводит к появлению микронеоднородностей состава пород и, как следствие, к увеличению их оптической гетерогенности.

3. Обратимся теперь к результатам экспериментов по варьированию геометрии светорассеяния. Как отмечалось в [5], при отклонении угла визирования образца от стандартного (нулевого) значения вступают в силу факторы, которые в зависимости от природы образца, направления и наклона нормали приводят к увеличению или уменьшению поляризации вблизи малых углов фаз. В этом случае ОП, проявляющаяся в стандартных условиях, возникает как бы на фоне поляризации, вызванной другими причинами. Рассмотрим факторы, влияющие на ОП при изменении геометрии светорассеяния, более детально, по-прежнему оставаясь в рамках качественного анализа.

При отклонении нормали образца от линии визирования изменяется эффективная функция распределения микрощапок рельефа поверхности образца. За счет взаимного затенения и самозатенения площадок видимый рельеф образца становится анизотропным. В частности, при очень больших углах визирования, приближающихся к  $90^\circ$ , эффекты затенения приводят к тому, что наблюдатель может видеть только вершины положительных форм рельефа, т. е. только площадки, нормали которых сосредоточены вблизи глобальной нормали. В этом случае при малых фазах свет, проникающий в частицы, выходит из них к наблюдателю только через такие площадки. Согласно формулам Френеля, это приводит к тому, что при наклоне глобальной нормали по «долготе» свет при выходе из среды приобретает отрицательную поляризацию, а при наклоне по «широте» — положительную. Такое поведение поляризации наблюдается у образцов, состоящих из полупрозрачных частиц. Эти соображения можно подтвердить экспериментально. Очевидно, если рассматриваемый механизм верен, то в шлифах и аншлифах твердых образцов с полупрозрачными зернами должны наблюдаться сходные эффекты, причем для аншлифов — более выраженные. Данные рис. 1 полностью подтверждают это. В случае, когда частицы поверхности непрозрачны, анизотропия рельефа, возникающая при изменении геометрии светорассеяния, также должна влиять на значение поляризации.

Количественное описание рассмотренных явлений принципиальных трудностей не вызывает и будет представлено в последующих работах.

Авторы благодарны А. Т. Базилевскому за предоставление некоторых природных образцов и обсуждение материалов этой части работы.

1. *Веверка Дж.* Поляриметрия поверхности спутников // Спутники планет / Под ред. Дж. Бернса. — М.: Мир, 1980. — С. 244—266.
2. *Першин С. В., Канель Г. И.* Методы сохранения ударно-сжатых образцов и анализ картины сжатия. — М., 1970. — 11 с. — (Рукопись деп. в ВИНТИ, № 1146-70-Деп.).
3. *Шкуратов Ю. Г.* Модель отрицательной поляризации света безатмосферных космических тел // Астрон. журн. — 1982. — 59, вып. 4. — С. 817—822.

4. Шкуратов Ю. Г., Акимов Л. А. Лабораторные исследования отрицательной поляризации света, рассеянного поверхностями со сложной структурой. Некоторые следствия для безатмосферных космических тел. I // Кинематика и физика небес. тел.— 1987.— 3, № 2.— С. 22—27.
5. Шкуратов Ю. Г., Акимов Л. А., Станкевич Н. П. и др. Лабораторные исследования отрицательной поляризации света, рассеянного поверхностями со сложной структурой. Некоторые следствия для безатмосферных космических тел. II // Там же.— 3, № 3.— С. 32—37.
6. Dollfus A. Photopolarimetric sensing of planetary surfaces // Adv. Space Res.— 1985.— 5, N 8.— P. 47—58.
7. Geake J., Geake M., Zellner B. Experiments to test theoretical models of the polarization of light by rough surface // Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.— 1984.— 210, N 1.— P. 89—112.
8. Steigmann G. A. A polarimetric model for a dust-covered planetary surface // Ibid.— 1978.— 185, N 3.— P. 377—388.
9. Wolf M. Polarization of light reflected from rough planetary surface // Appl. Opt.— 1975.— 24, N 6.— P. 1395—1405.

Астрон. обсерватория  
Харьков. ун-та им. А. М. Горького,  
Ин-т геохимии и аналит. химии  
им. В. И. Вернадского АН СССР, Москва

Поступила в редакцию 29.10.86,  
после доработки 18.12.86

## РЕФЕРАТ ПРЕПРИНТА

УДК 523.33

### ПОСТРОЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ СЕЛЕНОЦЕНТРИЧЕСКОЙ КООРДИНАТНОЙ СИСТЕМЫ ПО ФОТОГРАФИЧЕСКИМ НАБЛЮДЕНИЯМ ЛУНЫ / Семеренко Р. Л.

(Препринт / АН УССР. Ин-т теорет. физики; ИТФ-87-118Р)

По фотографическим наблюдениям Луны одновременно со звездами, выполненным на двойном длиннофокусном астрографе Тэпфера ГАО АН УССР ( $D=40$  см,  $F=5.5$  м) и представляющим собой семилетний ряд (июнь 1978 г. — апрель 1984 г.) 33 либрационных эпох (163 фотопластинки), построены четыре версии селеноцентрических независимых систем положений 50 избранных кратеров лунной поверхности в динамической и квазидинамической координатных системах; использовались две теории движения Луны: Брауна — Эккерта ( $j=2$ ) и DE200/LE200.

Описана методика и приведена блок-схема алгоритма определения поправок к координатам исходного селеноцентрического каталога, в качестве которого выбрана Киевская сводная система положений 4900 точек лунной поверхности. Алгоритм реализован комплексом программ, вычисления проведены на ЭВМ ЕС-1022. Компоненты физической либрации Луны вычислены по аналитической теории Моне, опорный звездный каталог — SAO. Даны уравнения наблюдений, составленные для каждого кратера по всем пластинкам в динамической и квазидинамической системах. Приведены результаты сравнения полученных систем с другими современными системами: Ризванов-264 (независимая селеноцентрическая сеть), Киев-4900 (один из наиболее точных каталогов в систематическом отношении), Тусон-1355 (то же в случайном отношении).

Посредством сравнения полученных каталогов LD50 (динамическая система, теория движения DE200/LE200) и JD50 (динамическая система, теория  $j=2$ ) определено взаимное положение центра фигуры и центра масс Луны.