

Т. Н. ШУРИГА, Г. А. ГОРБАТОВ, М. А. ПАНОВА

**МИНЕРАЛОГИЯ ЛИТИЕВЫХ СЛЮД
ИЗ РЕДКОМЕТАЛЬНЫХ ГРАНИТОВ И ИХ ДИАГНОСТИКА
ПО УДЕЛЬНОМУ ВЕСУ И ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ
ПРОНИЦАЕМОСТИ**

До последнего времени считалось, что литиевые слюды являются характерными минералами пегматитов. Изучение метасоматически измененных гранитов показало широкое распространение литиевых слюд и в этих образованиях (Ситнин А. А. и др., 1963; Кудрин В. С. и др., 1965; Залашкова Н. Е., 1969; Коваль П. В. и др., 1972).

Можно с полной уверенностью утверждать, что литиевые слюды являются главнейшим типоморфным минералом, сопутствующим танталовой минерализации в редкометальных гранитах. Их образование связано с одним из этапов высокотемпературного постмагматического метасоматоза в гранитах, следующим за развитием альбитизации и завершающимся окварцеванием. Литиевые слюды образуются путем замещения биотита или мусковита гранитов, что обуславливает значительные вариации состава. Разнообразие состава новообразованных слюд определяется также влиянием целого ряда геолого-геохимических факторов: щелочности материнских пород, кислотности — основности метасоматических растворов и активности в них летучих компонентов.

Состав слюд удобно изображать на тройной диаграмме, предложенной А. И. Гинзбургом (1953 г.). Диаграмма строится по соотношению катионов в октаэдрической группе с учетом основного изоморфного замещения в октаэдрических слоях $2\text{Fe} \rightarrow \text{LiAl}$. На рис. 1 указанным способом представлен состав 50 образцов слюд из редкометальных гранитов, изученных одним из авторов настоящей работы.

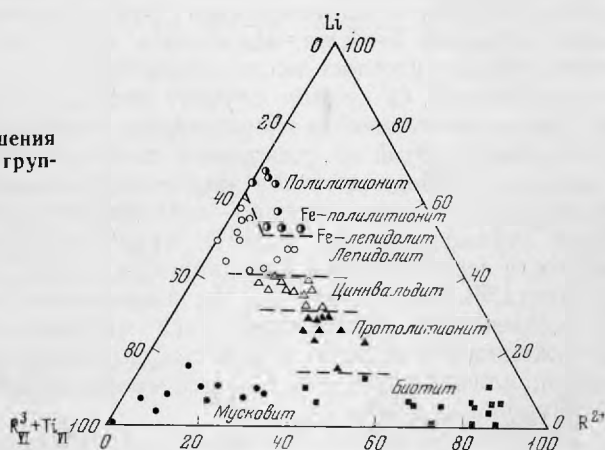
Диоктаэдрические слюды отличаются от состава идеального мусковита постоянным присутствием лития и двухвалентных катионов. Для триоктаэдрических слюд группы биотита характерно наличие в октаэдрическом слое, помимо лития, трехвалентных катионов. Наибольшее разнообразие состава наблюдается в группе собственно литиевых слюд, представленных всеми известными разновидностями изоморфного ряда сидерофиллит — полилитионит. В поле состава лепидолитов наблюдается раздвоение ряда эволюции, с одной стороны, к трилитиониту $\text{KLi}_{1,5}\text{Al}_{1,5}[\text{Si}_3\text{AlO}_{10}] \cdot (\text{OH}, \text{F})_2$, а с другой, — к полилитиониту $\text{KLi}_{2,0}\text{Al}[\text{Si}_4\text{O}_{10}]\text{F}_2$. Смена лепидолита полилитионитом осуществляется через своеобразные разновидности литиевых слюд — железистый лепидолит и железистый полилитионит.

Развитие метасоматического процесса в гранитах сопровождается направленной эволюцией состава слюд, выражающейся в увеличении содержания лития, глинозема, кремнезема, фтора и уменьшении содер-

жания железа. Эволюция слюд во времени проявляется в вертикальной зональности их распределения в массивах редкометальных гранитов (апогранитов). Внутренние, глубинные, зоны этих массивов со слабым проявлением метасоматических процессов и убогой редкометальной минерализацией содержат слюды типа литиевого биотита и протолитионита. Метасоматиты апикальных частей, которым сопутствуют значительные концентрации полезных компонентов, в отличие от глубинных зон, содержат циннвальдит и лепидолит. Таким образом, диагностика типов литиевых слюд имеет важное практическое значение, помогая более

Рис. 1. Диаграмма соотношения катионов октаэдрической группы в слюдах

- — мусковит,
- — биотит,
- ▲ — протолитионит,
- △ — циннвальдит,
- — лепидолит,
- ⊙ — полилитионит



четко расчленять редкометальные граниты на зоны с различной степенью развития метасоматических процессов.

В настоящее время в основу классификации литиевых слюд положено содержание лития в элементарной ячейке (Levinson, 1953; А. И. Гинзбург, 1953; Foster, 1960). Однако разные авторы указывают несколько различные пределы колебаний содержания лития в одном и том же типе слюды. В этой связи границы, разделяющие различные типы литиевых слюд, носят до известной степени условный характер, что значительно усложняет их диагностику. Учитывая это обстоятельство, а также то, что каждая минеральная разновидность должна иметь вполне определенные характерные только для нее физические свойства, мы попытались подойти к вопросу классификации литиевых слюд на основе рассмотрения зависимости удельного веса и диэлектрической проницаемости слюд от их химического состава. Работа проведена на достаточно большом статистическом материале (около 50 образцов).

Диэлектрическая проницаемость определялась способом погружения навески слюды (20 мг) фракции 0,25—0,15 мм в жидкие диэлектрики и измерения емкости конденсатора-датчика гетеродинным методом при частоте 1 мгц и температуре +25°C. Точность измерений составляла $\pm 0,02$ —0,05 (Горбатов и др., 1969).

Удельный вес определялся экспрессным методом микроплавка (Щербак О. В., 1963), позволяющим производить измерения на отдельных, тщательно отобранных чешуйках слюд. Необходимо отметить, что метод М. М. Василевского (1957), широко применяемый в настоящее время в минералогических лабораториях для определения удельного веса минералов, непригоден для определения удельного веса слюд, поскольку не удастся определить истинный вес слюды, погружающейся в жидкость. В исходной навеске с фиксированным весом часть чешуек слюды, количество которых точно учесть невозможно, плохо смачивается и обычно плавает на поверхности жидкости, либо налипает на стенки барометрической трубки. По указанной причине вычисление удельного

веса образца слюды приводит к неверным результатам. Приготовление спрессованных образцов слюд для определения удельного веса также не дает положительных результатов, поскольку брикеты всегда содержат воздух, объем которого точно нельзя учесть.

Метод микропоплавка основан на погружении и смачивании отдельных чистых зерен-чешуек в тяжелой жидкости и уравнивании удельного веса жидкости и минерала при помощи разбавителя. Точность определения $\pm 0,01$ г/см³.

Для определения уд. веса отбирались тончайшие чешуйки в количестве 3—5 штук размером 0,15—0,25 мм, которые предварительно промывались спиртом и высушивались при комнатной температуре. В цилиндр, объемом 3—4 мл, наливалась жидкость Клеричи (уд. вес 4,27), в которую погружалось исследуемое зерно. Затем по каплям добавлялся разбавитель (в данном случае дистиллированная вода) и полученная смесь тщательно перемешивалась стеклянной палочкой до полной однородности. Этой же стеклянной палочкой исследуемое зерно устанавливалось на середине столба жидкости. Если оно всплывало, добавлялся разбавитель, а если тонуло — исходная жидкость. После этого смесь снова перемешивалась. Если в приготовленной указанным способом жидкости зерно остается неподвижным, его уд. вес совпадает с уд. весом жидкости. В этом случае уд. вес жидкости и, следовательно, минерала, определяется по уменьшению веса микропоплавка объемом 100 мм³, погруженного в данную жидкость, по формуле $P_1 - P_2/V$, где P_1 — вес микропоплавка в воздухе; P_2 — вес микропоплавка в жидкости; V — объем микропоплавка.

Вес микропоплавка определялся на торсионных весах ВТ-1000. Указанный цикл измерений проводился на 3—5 чешуйках, после чего вычислялось среднее значение удельного веса.

Следует отметить, что для 50 исследованных образцов слюд в 19 случаях разброс в значениях уд. веса не превышал 0,01 г/см³, в остальных он составлял 0,01—0,03 г/см³ (биотиты, лепидомеланы).

Результаты измерений удельного веса (d) и диэлектрической проницаемости (ϵ) нанесены на графики, имеющие координаты:

- а) $d - \Sigma(\text{Fe} + \text{Mn} + \text{Ti})$;
- б) $\epsilon - \Sigma(\text{Fe} + \text{Mn} + \text{Ti} + \text{Al}_{\text{IV}} + \text{OH})$;
- в) $d - \epsilon$.

График $d - \Sigma(\text{Fe} + \text{Mn} + \text{Ti})$ (рис. 2) показывает, что удельный вес изученных слюд закономерно возрастает с увеличением содержания в них элементов с относительно большой атомной массой (Fe, Mn, Ti) от 2,75 до 3,35. По удельному весу на графике четко различаются триоктаэдрические слюды — биотиты и лепидомеланы со структурой 1M (3T) и ($d=3,35-3,09$); протолитиониты со структурой 1M ($d=3,01-2,98$) и со структурой 3T — 2,91; циннвальдиты со структурой 1M-2,90; лепидолиты и полилитиониты со структурой 1M ($d=2,87-2,82$); диоктаэдрические мусковиты со структурой 2M, ($d=2,96-2,75$) и со структурой 1M-2,99¹.

На графике кривая удельного веса диоктаэдрических слюд имеет более крутой наклон по сравнению с кривой удельного веса триоктаэдрических слюд. Таким образом, по удельному весу в группе триоктаэдрических слюд четко различаются биотиты — лепидомеланы, протолитиониты, циннвальдиты и лепидолиты — полилитиониты.

На графике $\epsilon - \Sigma(\text{Fe} + \text{Mn} + \text{Ti} + \text{Al}_{\text{IV}} + \text{OH})$ (рис. 3) выбор перечисленных элементов для нанесения по оси координат обусловлен их более высокой поляризационной способностью по сравнению с остальными элементами, входящими в состав слюд и занимающими в ее структуре

¹ Структуры слюд изучены Б. Б. Звягиным и А. П. Жухлистым методом электронографии в ИГЕМ АН СССР.

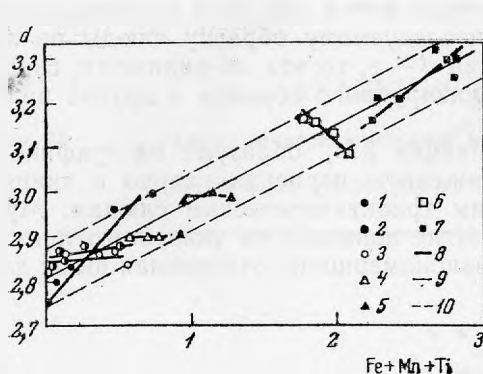


Рис. 2. Зависимость удельного веса слюд от их состава

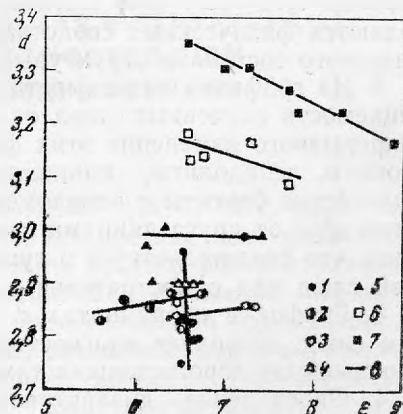
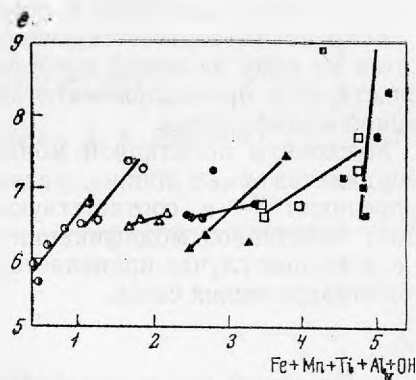
1 — мусковит, 2 — полилитионит, 3 — лепидолит, 4 — циннвальдит, 5 — протолитионит, 6 — магнезиально-железистый биотит, 7 — лепидомелан, 8 — линии регрессии d для различных типов слюд, 9 — общая тенденция изменения слюд, 10 — доверительная область

Рис. 3. Зависимость диэлектрической проницаемости слюд от их состава

Обозначения см. рис. 2

Рис. 4. Определение разновидностей слюд по удельному весу и диэлектрической проницаемости

Обозначения см. рис. 3



аналогичные позиции. На графике видно, что в группе триоктаэдрических слюд с увеличением содержания в них суммы $(Fe+Mn+Ti+Al_{IV}+OH)$ закономерно повышается диэлектрическая проницаемость. В отличие от предыдущего графика, здесь не наблюдается непрерывного возрастания ϵ в зависимости от состава слюд: ϵ меняется скачкообразно при переходе от одной разновидности к другой:

полилитиониты	5,65—6,18
лепидолиты	6,43—7,34
циннвальдиты	6,54—6,60
протолитиониты	6,12—7,40
биотиты и лепидомеланы	6,56—8,85

Внутри указанных разновидностей слюд ϵ закономерно повышается с увеличением содержания в них $\Sigma(Fe+Mn+Ti+Al_{IV}+OH)$. Выявленные закономерности в изменении d и ϵ слюд могут быть, по-видимому, использованы для диагностики их разновидностей и суждения об их структурных модификациях без производства дорогостоящих химических анализов и электронографических исследований. Для указанной цели построен график в координатах $d - \epsilon$ (рис. 4).

Триоктаэдрические слюды полиитиной модификации 1M: высокожелезистые биотиты и лепидомеланы ($f > 80\%$), магнезиально-железистые биотиты ($f < 80\%$), протолитиониты, циннвальдиты, полилитиониты — лепидолиты образуют на графике четко обособленные друг от друга поля точек, через которые проведены соответствующие линии корреляции $d - \epsilon$. Триоктаэдрические слюды полиитиных модификаций 2M₁ и 3T не попадают на указанные линии.

Таким образом, пользуясь приведенным графиком в качестве эталонного, можно судить о принадлежности исследуемых образцов слюд

с неизвестными составом и структурой к той или иной разновидности.

Если точка соответствующая исследуемому образцу слюды не ложится на одну из линий корреляции $d-\epsilon$, то это, по-видимому, свидетельствует о принадлежности анализируемого образца к другой политипной модификации.

Мусковиты политипной модификации $2M$, образуют на графике в координатах $d-\epsilon$ линию, расположенную перпендикулярно к линиям корреляции $d-\epsilon$, соответствующим триоктаэдрическим слюдам. Мусковит политипной модификации $1M$ не попадает на указанную линию, т. е. в данном случае проявляется закономерность, отмеченная выше для триоктаэдрических слюд.

* * *

1. Удельный вес и диэлектрическая проницаемость тонких чешуек (размер 0,15—0,25 мм) литиевых слюд из редкометальных гранитов являются физическими свойствами, чувствительными к изменениям химического состава и структуры рассматриваемых слюд.

2. На графиках зависимости удельного веса и диэлектрической проницаемости изученных слюд от их химического состава не наблюдается непрерывного изменения этих физических свойств. Мусковиты, полилитииониты, лепидолиты, циннвальдиты, протолитииониты, магнезиально-железистые биотиты и лепидомеланы характеризуются четко обособленными друг от друга линиями зависимости d и ϵ от химического состава слюд, что свидетельствует о существовании перечисленных разновидностей слюд как самостоятельных типов.

3. График в координатах $d-\epsilon$, построенный по эталонным образцам слюд, позволяет диагностировать слюды неизвестного состава без производства дорогостоящих химических анализов.

4. Определение диэлектрической проницаемости литиевых слюд важно для уточнения их электроизоляционных свойств и оценки слюд в качестве возможного сырья для электротехнической промышленности.

5. Диагностика отдельных разновидностей литиевых слюд имеет большое практическое значение, позволяя оценивать уровень эрозионного среза массивов редкометальных гранитов и, соответственно, судить о концентрациях полезных компонентов на данном уровне эрозионного среза.

ЛИТЕРАТУРА

- Гинзбург А. И., Берхин С. И. О составе и химической конституции литиевых слюд.— Труды Минер. музея, вып. 5, 1953.
- Горбатов Г. А., Шибанов А. С. Электрические характеристики минералов, их измерение и использование при минералогических исследованиях.— В кн. «Современные методы минерал. исследований. «Недра», 1969.
- Залашкова Н. Е. Зональность метасоматически измененных танталоносных гранитов (апогранитов).— В сб. «Минералого-геохимические и генетические особенности редкометальных апогранитов». Изд-во «Наука», 1969.
- Коваль П. В., Коваленко В. И., Кузьмин М. И., Писарская В. А. Юрченко С. А. Минеральные парагенезисы, состав и номенклатура слюд редкометальных альбитсодержащих гранитов.— ДАН СССР, 1972, 202, № 5.
- Кудрин В. С., Кудрина М. А., Шурига Т. Н. Редкометальные метасоматические образования, связанные с субщелочными гранитоидами.— В сб. «Геология месторождений редких элементов», вып. 25. Изд-во «Недра», 1964.
- Руденко Н. И., Василевский М. М. Упрощенный способ определения удельных весов минералов.— Зап. Всес. мин. об-ва, сер. II, ч. 86, в. 1, 1957.
- Ситнин А. А., Разина И. С. О химическом составе литиевых слюд из метасоматически измененных гранитов.— Геохимия, 1963, № 7.
- Щербак О. В., Карюкина В. Н. Поплавок для экспрессного определения удельных весов жидкостей и минералов.— Бюлл. научн. техн. информ. № 6 (50), 1963. Госгеолтехиздат.
- Levinson A. Interpretation in the mica group; relation between polymorphism and composition in the muscovite-lepidolite series.— Amer. Mineral., 38, 1953.
- Foster, Margaret D. Interpretation of the composition of lithium micas.— U. S. Geol. Survey Prof. Paper, 354-E, 1960.