

Изучение термостойкости минеральных видов слюд

С.В. Фёдорова

Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
г. Иркутск
fsta65@yandex.ru

Аннотация

Слюды составляют группу минералов, характеризующихся совершенной спайностью, обладающих способностью расщепляться на очень тонкие листочки с равной поверхностью. Из всех известных минералогических видов слюд наиболее важное промышленное значение имеют мусковит и флогопит, которые одновременно с легкостью расщепления на тонкие листочки обладают весьма высокими электрическими характеристиками, негорючестью и большой химической прочностью. Они также термически и химически стойки, мало гигроскопичны и в тонких листочках гибки, упруги и прозрачны.

Практическое значение, кроме мусковита и флогопита, имеют биотит и вермикулит. Биотит в ограниченных количествах применяется для замены мусковита или флогопита. Вермикулит представляет собой гидратированный биотит, с трудом расщепляется на тонкие пластинки, обладает пониженными электрическими свойствами и недостаточно термически стоек.

С помощью дифференциально термического анализа обнаружен рост вспучивания структуры кристаллов слюды. Определен диапазон температур, в котором слюда сохраняет свои рабочие свойства. Исследованы и выявлены визуальные изменения вспучивания в интервале 20–1200 °С. Решены задачи термоустойчивости слюды для дальнейшего использования в электро- и радиотехнической промышленности. Сделано заключение, что техническое использование слюды в более ответственных случаях имеет ограничение температуры в пределах 600–650 °С. Значительное остаточное вспучивание предполагает практическое использование слюды в качестве термоизоляционного материала.

Ключевые слова:

слюда, мусковит, флогопит, вермикулит, неметаллорудная промышленность, минерал, слюдообработывающие предприятия

Введение

Слюдяная промышленность является одной из подразделов неметаллорудной промышленности, объединяющей предприятия по добыче и обогащению слюдосодержащих руд, таких как мусковит, флогопит, вермикулит, биотит. Так-

Heat resistance study of mineral mica species

S.V. Fedorova

Irkutsk National Research Technical University,
Irkutsk
fsta65@yandex.ru

Abstract

Mica are a group of minerals with a perfect cleavage. They can split into very thin leaves with equivalent surfaces. Among all known mineral mica species, muscovite and phlogopite are highly important industrially because can be easily split into thin leaves and simultaneously have very high electrical characteristics, incombustibility and a great chemical fastness. Additionally, they are thermally and chemically resistant, poorly hygroscopic, as well as flexible, resilient and transparent as thin leaves. Not only muscovite and phlogopite but also biotite and vermiculite are of practical importance. Biotite is sometimes used to replace muscovite or phlogopite. Vermiculite is a hydrated biotite; it can be hardly split into thin leaves, has low electrical properties and is poorly thermally-resistant. Affected by high temperatures, mica releases water and so gradually loses its brightness and transparency, strongly swells, splits and becomes fragile. Thus, the properties of mica affected by high temperatures largely reduce. Therefore, in order to apply the mineral in materials and devices operating at a very high temperature, we should decide for a relevant type of mica which thermal resistance meets the operating conditions. By the results of the differential-thermal analysis, the mica crystal structure increases in swelling. The authors have identified a temperature range in frames of which mica retains its working properties. Visual changes in swelling in the temperature range of 20–1200 °C have been identified and analyzed. The questions of mica thermal stability for its long-term use in the electric and radio industry have been solved. The technical use of mica in more critical cases has a temperature limit of 600–650 °C. The significant residual swelling allows for the practical use of mica as a heat insulating material.

Keywords:

mica, muscovite, phlogopite, vermiculite, non-metal ore industry, mineral, mica processing enterprises

же слюдоперерабатывающие предприятия выпускают изделия из листовой слюды, электроизоляционной слюдобумаги, дробленую и молотую слюды, вспученный вермикулит и частично теплоизоляционные материалы на его основе [1].

Актуальность исследования определяется ролью слюды в развитии различных отраслей экономики нашей страны. Так, слюда как природный минерал является несомненным богатством и ценным сырьем при использовании ее в народном хозяйстве. И, несомненно, слюда, может сыграть в дальнейшем немаловажную роль в развитии различных областей промышленности.

Цель работы – определение диапазона температур, в котором слюда сохраняет свои рабочие свойства. Объектом исследования является изучение термических качеств слюды. Предметом исследования служат калиево-натриевые, магнезиально-железистые, а также гидрослюды различных месторождений.

Задачи:

1. Исследовать особенности развития слюдяного промысла в контексте формирования электро- и радиотехнической промышленности.

2. Изучить основные свойства слюды, связанные с ее термоустойчивостью.

3. Определить диапазон температур, в которых слюда сохраняет целостность кристаллического пакета.

Значительный интерес к развитию слюдяного промысла в Сибири проявился еще при Петре I. Это было связано с возросшим спросом западной Европы и Америки на слюду. Становление слюдяного промысла в Сибири проходило на территории нынешнего Красноярского края, Иркутской области, Республики Саха (Якутия). Добыча слюды здесь началась в XVII в. с рудокопок по рекам Тасеева, Кан и Барга [2, 3].

Слюдяной промысел в России развивался до середины XVIII в., затем, в связи с широким распространением стекла, стал приходить в упадок, а в таких крупных районах, как Мамско-Чуйский и Слюдянский, к концу XIX в. совершенно исчез. Новый подъем слюдяной промышленности относился к периоду развития электропромышленности, он датируется 1953 г., когда слюду стали использовать в качестве изоляционного материала. Начала развиваться крупнейшая электро- и радиопромышленность, требовавшие значительных количеств слюды [4]. В связи с этим была реорганизована отечественная слюдяная промышленность, эксплуатирующая многочисленные месторождения мусковита, флогопита и биотита [5].

Проведенные геологоразведочные работы показали, что некоторые слюдяные районы страны имеют мировое значение по уровню своих запасов. Планомерное развитие слюдяного дела потребовало срочных исследований слюд и способов переработки слюдяного сырья. Изучение слюды велось во Всесоюзном институте минерального сырья, Всесоюзном электротехническом институте, в Ленинградском индустриальном институте, лабораториях электромашиностроительных заводов и во многих других исследовательских учреждениях. Проведенные работы имеют ценное в научном и практическом отношении значение и способствуют быстрому росту слюдяной промышленности и рациональному использованию сырья [6].

К природным недостаткам промышленных слюд относится часто наблюдаемое присутствие в слюдяных пластинах включений посторонних минералов, газовых пузырьков и расслоений. Неоднородность слюды, объясняемая наличием в ней включений, находится в зависи-

мости от природы или количества последних [7–9]. Другим природным недостатком является изогнутость, или волнистость, пластинок слюды, препятствующая получению вполне плотного слоя изоляции и создающая затруднения при закреплении слюдяных деталей. Обильные включения и/или резкая волнистость поверхности листочков исключают возможность использования слюды в наиболее ответственных областях ее применения [10].

Далее подробно рассмотрим температурные характеристики слюд различных месторождений. Слюда относится к материалам, обладающим высокой термической стойкостью [11–14]. При действии высокой температуры слюда, вследствие выделений входящей в ее состав воды, начинает постепенно терять свои свойства, такие как блеск и прозрачность, сильно вспучивается, расслаивается, ухудшаются ее механические качества. В связи с этими изменениями значительно снижаются электрические свойства слюды. У мусковита различных месторождений термические свойства изменяются незначительно, флогопиты же могут сильно различаться в этом отношении [15].

Материалы и методы

В работе использовался метод ДТА на приборе ДРОН-3 (Венгрия) [16–18]. С помощью дифференциально-термического анализа исследованы физико-химические превращения, происходящие в слюде при программированном изменении температуры. Изучались процессы потери массы слюд и выявлялись визуальные изменения в интервале температур 20–1200 °С. Процесс нагрева образцов производился постепенно, и через каждые 50 °С фиксировались внешние изменения структуры слюд различных месторождений. Для определения характера изменения внешнего вида различных слюд после термического воздействия образцы нагревались при температуре от 500 °С до 1200 °С через каждые 50 °С. Для испытания были взяты: мусковит месторождения Луговка (проба 23), Слюдянский флогопит (пробы 15 и 18) и Карельский биотит месторождения Еловая Тайбола. Каждый образец, изготовленный в виде пластины размером 40 x 50 мм и толщиной 0.1 мм, помещался в электрическую трубчатую печь, в которой в непосредственной близости к образцу находился спай платино-платинородиевой термопары. Подъем температуры производился со скоростью 150 °С/ч. Охлаждение начиналось после выдержки каждого образца в течение 30 мин при одной из указанных температур. Один из образцов каждой пробы не подвергался нагреванию и служил эталоном. Результатом явились термические кривые – термограммы (кривые нагревания), которые зависят главным образом от химического состава и структуры исследуемого вещества.

Результаты и их обсуждение

У различных минеральных видов слюд изменение внешнего вида после нагревания до разных температур неодинаково [19, 20]. В таблице приводится описание внешнего вида образцов после прокаливания.

Данные исследования характеризуют термическую стойкость исследуемых образцов слюды. Они дают пред-

Внешние изменения слюды после нагрева
External changes in mica after heating

	Характеристика образцов			
Температура нагрева, °С	Мусковит Проба 23	Флогопит		Биотит
		Проба 15	Проба 18	
20	Слюда прозрачная, бесцветная, блеск стеклянный	Прозрачность неполная, воздушные включения в виде туманных пятен. Флогопит темной окраски	Прозрачность неполная, воздушные включения в виде туманных пятен. Флогопит темной окраски	Слюда прозрачная, цвет бурый, в отраженном свете – черный. Блеск стеклянный
500	Изменений нет	Блеск жирный. Едва заметное увеличение туманных пятен	Блеск близок к стеклянному. Слабое вспучивание. В отраженном свете – серебристый. Прозрачность лишь на незначительных участках	Чуть заметные одиночные пузырьки у поверхности. Едва заметное вздутие у поверхности
550	То же	То же	То же	Небольшие прямолинейные вздутия на поверхности. Шелушение
600	То же	Увеличение туманных пятен	То же	Воздушные включения. Прозрачность на небольших участках
650	Помутнение	Воздушные включения. Уменьшение прозрачности	Увеличение вспучивания	Вспучивание. Волнистая поверхность. В отраженном свете – коричнево-золотой. Непрозрачен
700	Помутнение. Вздутие. Блеск прозрачный	Воздушные включения. Снижение прозрачности	Выраженное вспучивание. В отраженном свете – золотистый	Сильное вспучивание. В отраженном свете – красновато-бурый
750	Значительное помутнение. Цвет серебристый	Вспучивание	То же	Появление прозрачности. Цвет красный
800	Значительное помутнение. Цвет серебристый	Вспучивание	То же	Волнистость
850	То же	То же	То же	Более значительное помутнение. Потеря прозрачности
900	Почти полная потеря прозрачности	То же	То же	Почти полная потеря прозрачности
950	То же	Хрупкость. Цвет золотистый	Хрупкость	То же
1000	Сильная хрупкость	Уменьшение прозрачности	Значительное вспучивание. Цвета – золотой, серебряный	Полная потеря прозрачности. Цвет красновато-бронзовый
1050	Сильная хрупкость	Уменьшение прозрачности	Значительное вспучивание. Цвета – золотой, серебряный	Полная потеря прозрачности. Цвет красновато-бронзовый
1100	Сильная хрупкость	Уменьшение прозрачности. Увеличение хрупкости	Весьма сильная хрупкость, в отраженном свете – слабо золотой	То же
1150	Сильная хрупкость	Уменьшение прозрачности. Увеличение хрупкости	Весьма сильная хрупкость, в отраженном свете – слабо золотой	То же
1200	Волнистость. Сильный блеск. Полная непрозрачность	Полная непрозрачность. Цвет светло-коричневый. Сильная хрупкость	То же	В отраженном свете – темно-бронзовый

ставление о характере остаточных внешних изменений, происходящих в слюде. У исследованного мусковита после прокаливания при 600 °С остаточных изменений не обнаружено. Значительная потеря прозрачности и появление вспучивания были установлены лишь после прокаливания при 700 °С. У биотита внешние изменения образцов появились после нагрева до 550 °С, что указывает на меньшую термическую стойкость, по сравнению с мусковитом. В образце одного флогопита (проба 15) значительные внешние изменения были отмечены после прокаливания при очень высоких температурах – 950–1000 °С. Образцы другого флогопита (проба 18) оказались сильно вспученными и потеряли прозрачность уже после нагрева до 500 °С. По термической стойкости эти слюды значительно уступают не только первому флогопиту, но также исследуемому мусковиту и даже биотиту. Цвет образцов был определен по сравнению с полированными эталонами из серебра, золота и меди. Такая классификация по цвету оказалась весьма сложной, так как содержала 10 условных оттенков и некоторые образцы только частично напоминали полированный металл. Наблюдение за внешним видом слюды при нагреве показывает, что происходящее при этом вспучивание проявляется для разных видов слюд в различных интервалах температур. Температура плавления мусковита перед паяльной трубкой показывает, что он плавится в

тонких пластинах, с трудом, в непрозрачную белую эмаль, еще хуже плавится флогопит. Биотит, особенно богатый железом, сплавляется сравнительно легко в серую или черную субстанцию.

Заключение

В ходе проведенных исследований обнаружен быстрый рост вспучивания слюды ближе к максимальной точке при нагревании выше 650–700 °С. Происходит разрушение слюдяного пакета за счет удаления химически связанной воды. На основе чего можно сделать вывод, что техническое использование слюды в более ответственных случаях имеет ограничение температуры в пределах 600–650 °С. Значительное остаточное вспучивание предполагает практическое использование слюды в качестве термоизоляционного материала.

Литература

1. Власть труда. 1927, 6 июля. Библиографический список экспедиции / М.И. Верхотуров [и др.]. – Иркутск: Издательство ИрГТУ, 1927. – № 161. – С. 1–8.
2. Волобуев, Г.Т. Центр слюдяного производства в Красноярском крае / Г.Т. Волобуев // Сибирский субэтнос: культура, традиции, ментальность: материалы V Все-

- русской науч.-практ. интернет-конференции (ГОУ ВПО «Красноярский государственный педагогический университет им. В.П. Астафьева», 15 января – 15 мая 2009 г.).
3. Шишелова, Т.И. Современное состояние слюдяной области. Проблемы и перспективы / Т.И. Шишелова, В.Г. Житов // *Успехи современного естествознания*. – 2018. – № 3. – С. 133–139.
 4. Шишелова, Т.И. Дегидроксидация слюды в системе «слюда – стекло» / Т.И. Шишелова, Н.В. Леонова // *Успехи современного естествознания*. – 2017. – № 1. – С. 23–27.
 5. Ежова, Я.В. Релаксация ультратонкого флогопита / Я.В. Ежова, В.И. Донской, О.Б. Рубцова, А.Н. Харлан, С.Д. Марчук [и др.] // *Журнал функциональных материалов*. – 2007. – Т. 1, № 10. – С. 380–382.
 6. ООО «Нижнеудинская Слюдянитовая Фабрика». – URL: <http://nmf.narod.ru>
 7. Ежова, Я.В. Диэлектрическая и термическая релаксация в гетерогенных коллоидных системах, содержащих наноразмерные электрически активные включения: сборник научных трудов / Я.В. Ежова, В.И. Донской, А.И. Манданов, Н.А. Шурыгина, С.С. Барышников [и др.] // III Всероссийская конференция с международным участием. – Улан-Удэ, 2010.
 8. Волков, К.И. Свойства, добыча и переработка слюды / К.И. Волков, П.Н. Загилалов, М.С. Мецик. – 1971. – 350 с.
 9. Лашев, Е.К. Слюда / Е.К. Лашев. – Москва: Промстройиздат, 1948. – 296 с.
 10. Мецик, М.С. Механические свойства кристаллов слюды / М.С. Мецик. – Иркутск: ИГУ, 1988. – С. 316.
 11. Eddy, W.H. Selective flotation of minerals from North Carolina mica failing / W.H. Eddy, I.S. Browning. – Washington, 2005. – P. 1–10.
 12. Browning, I.S. Anionic cationic flotation of mica ores from Alabama and North Carolina / I.S. Browning. – Bu Mines Rept. of Inst. 6589, 2002. – 9 p.
 13. Anionic-cationic treatment of mica. *Mining Mag.* May 2003. – Vol. 12. – № 5. – P. 327.
 14. Jasinski, S.M. Mica / S.M. Jasinski // *Mining Engineering*. – 2017. – Vol. 69. – № 7. – P. 72–73. – URL: <https://www.csaglobal.com/wp-content/uploads/2019/07/Engineering-MiningIndustrial-Minerals-Review-2017.pdf> (accessed: 12.01.2022).
 15. Rickard, D.A. Applications of advanced analytical and mass spectrometry techniques to the characterization of micaceous lithium-bearing ores / D.A. Rickard, Noreen J. Evans, Bradley J. McDonald, Enej Catovic, Peter Spitalny // *Minerals Engineering*. – 2018. – Vol. 116. – P. 182–195. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.mineng.2017.08.004>.
 16. Niu, He. Recycling mica and carbonate-rich mine tailings in alkali-activated composites: A synergy with metakaolin / He Niu, Mariam Abdulkareem, Harisankar Sreenivasan, Anu M. Kantola, Jouni Havukainen // *Minerals Engineering*. – 2020. – Vol 157. – 106535.
 17. Niu, He. Structural collapse in phlogopite mica-rich mine tailings induced by mechanochemical treatment and implications to alkali activation potential / He Niu, Paivo Kinnunen, Harisankar Sreenivasan, Elijah Adesanya, Mirja Illikainen // *Minerals Engineering*. – 2020. – Vol. 151. – 106331. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.mineng.2020.106331>.
 18. Jasinski, S.M. Mica / S.M. Jasinski // *Mining Engineering*. – 2017. – Vol. 69. – № 7. – P. 72–73. – URL: <https://www.csaglobal.com/wp-content/uploads/2019/07/Engineering-MiningIndustrial-Minerals-Review-2017.pdf> (accessed: 12.01.2022).
 19. Samantray, Jayashree. Silicate minerals – Potential source of potash – A review / Jayashree Samantray, Amit Anand, Barsha Dash, Malay Kumar Ghosh, Ajaya Kumar Behera // *Minerals Engineering*. – Vol. 179. – 2022. – 107463. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.mineng.2022.107463>.
 20. Zhytov, V. (2020). Perfection of technology for manufacture of heating units on the base of mica and glass / V. Zhytov, T. Shishelova // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 880. 012030. 10.1088/1757-899X/880/1/012030.

References

1. Vlast truda [Labor power]. 1927, July 6. Bibliographic list of the expedition / M.I. Verkhuturov [et al.]. Irkutsk: IrGTU Publishing House, 1927. – № 161. – С. 1–8.
2. Volobuev, G.T. Centr slyudyanogo proizvodstva v Krasnoyarskom krae [Mica production center in the Krasnoyarsk Region] / G.T. Volobuev // *Sibirskij subetnos: kultura, tradicii, mentalnost* [Siberian sub-ethnos: culture, traditions, mentality]: Materials of the V All-Russian Scientific-Applied Internet-Conferences (SEI HPE “Krasnoyarsk State Pedagogical University named after V.P. Astafiev”, January 15 – May 15, 2009). – URL: <http://sibsubethnos.narod.ru/>.
3. Shishelova, T.I. Sovremennoe sostoyanie slyudyanoj oblasti. Problemy i perspektivy [Current state of mica industry. Problems and prospects] / T.I. Shishelova, V.G. Zhytov // *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya* [Advances of Modern Natural Science]. – 2018. – № 3. – P. 133–139.
4. Shishelova, T.I. Degidroksilatsiya slyudy v sisteme “slyuda – steklo” [Dehydroxylation of mica in the mica – glass system] / T.I. Shishelova, N.V. Leonova // *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya* [Advances of Modern Natural Science]. – 2017. – № 1. – P. 23–27.
5. Ezhova, Ya.V. Relaksatsiya ultratonnogo flogopita [Relaxation of ultrathin phlogopite] / Ya.V. Ezhova, V.I. Donskoy, O.B. Rubtsova, A.N. Harlan, S.D. Marchuk [et al.] // *Zhurnal funktsionalnykh materialov* [Journal of Functional Materials]. – 2007. – Vol. 1. – № 10. – P. 380–382.
6. ООО “Nizhneudinskaya Slyudyanitovaya Fabrika” [ООО “Nizhneudinskaya Mica Factory”]. – URL: <http://nmf.narod.ru>.
7. Ezhova, Ya.V. Dielektricheskaya i termicheskaya relaksatsiya v geterogennykh kolloidnykh sistemah, sodержashchih nanorazmernye elektricheski aktivnye vklucheniya [Dielectric and thermal relaxation in heterogeneous colloidal systems containing nanoscale electrically active inclusions] / Ya.V. Ezhova, V.I. Donskoy, A.I. Mandanov, H.A. Shurygina, S.S. Baryshnikov [et al.] // III All-Russian Conference with International Participation. – Ulan-Ude. August 26–28, 2010.

8. Volkov, K.I. Svoistvo, dobycha i pererabotka slyudy [Properties, extraction and processing of mica] / K.I. Volkov, P.N. Zagibalov, M.S. Metsik. – East-Sib. Publishing House, 1971. – 350 p.
9. Lashev, E.K. Slyuda [Mica] / E.K. Lashev. – Moscow: Promstroyizdat, 1948. – 296 p.
10. Metsik, M.S. Mekhanicheskie svoystva kristallov slyudy [Mechanical properties of mica crystals] / M.S. Metsik. – Irkutsk: ISU, 1988. – P. 316.
11. Eddy, W.H. Selective flotation of minerals from North Carolina mica faling / W.H. Eddy, I.S. Browning. – Washington, 2005. – P. 1–10.
12. Browning, I.S. Anionic cationic flotation of mica ores from Alabama and North Carolina / I.S. Browning. – Bu Mines Rept. of Inst. 6589, 2002. – 9 p.
13. Anionic-cationic treatment of mica. Mining Mag. May 2003. – Vol. 12. – № 5. – P. 327.
14. Jasinski, S.M. Mica / S.M. Jasinski // Mining Engineering. – 2017. – Vol. 69. – № 7. – P. 72–73. – URL: <https://www.csaglobal.com/wp-content/uploads/2019/07/Engineering-MiningIndustrial-Minerals-Review-2017.pdf> (accessed: 12.01.2022).
15. Rickard, D.A. Applications of advanced analytical and mass spectrometry techniques to the characterization of micaceous lithium-bearing ores / D.A. Rickard, Noreen J. Evans, Bradley J. McDonald, Enej Catovic, Peter Spitalny // Minerals Engineering. – 2018. – Vol. 116. – P. 182–195. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.mineng.2017.08.004>.
16. Niu, He. Recycling mica and carbonate-rich mine tailings in alkali-activated composites: A synergy with metakaolin / He Niu, Mariam Abdulkareem, Harisankar Sreenivasan, Anu M. Kantola, Jouni Havukainen // Minerals Engineering. – 2020. – Vol 157. – 106535.
17. Niu, He. Structural collapse in phlogopite mica-rich mine tailings induced by mechanochemical treatment and implications to alkali activation potential / He Niu, Paivo Kinnunen, Harisankar Sreenivasan, Elijah Adesanya, Mirja Illikainen // Minerals Engineering. – 2020. – Vol. 151. – 106331. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.mineng.2020.106331>.
18. Jasinski, S.M. Mica / S.M. Jasinski // Mining Engineering. – 2017. – Vol. 69. – № 7. – P. 72–73. – URL: <https://www.csaglobal.com/wp-content/uploads/2019/07/Engineering-MiningIndustrial-Minerals-Review-2017.pdf> (accessed: 12.01.2022).
19. Samantray, Jayashree. Silicate minerals – Potential source of potash – A review / Jayashree Samantray, Amit Anand, Barsha Dash, Malay Kumar Ghosh, Ajaya Kumar Behera // Minerals Engineering. – Vol. 179. – 2022. – 107463. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.mineng.2022.107463>.
20. Zhytov, V. (2020). Perfection of technology for manufacture of heating units on the base of mica and glass / V. Zhytov, T. Shishelova // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 880. 012030. 10.1088/1757-899X/880/1/012030.

Благодарность (госзадание)

Работа выполнена в рамках темы государственного задания ИГ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН.

Информация об авторе:

Фёдорова Светлана Валерьевна – кандидат технических наук, доцент кафедры ПЭ и БЖД Иркутского национального исследовательского технического университета (Российская Федерация, 664074, г. Иркутск-74, ул. Лермонтова, д. 83; e-mail: fsta65@yandex.ru).

About the author:

Svetlana V. Fedorova – Candidate of Sciences (Engineering), Associate Professor in Industrial Ecology and Health at the Irkutsk National Research Technical University (Irkutsk National Research Technical University, 83 Lermontova st., Irkutsk-74, Russian Federation, 664074; e-mail: fsta65@yandex.ru).

Для цитирования:

Фёдорова, С.В. Изучение термостойкости минеральных видов слюд / С.В. Фёдорова // Известия Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук. Серия «Науки о Земле». – 2023. – № 2 (60). – С. 81–85.

For citation:

Fedorova, S.V. Izuchenie termostojkosti mineralnyh vidov slyud [Heat resistance study of mineral mica species] / S.V. Fedorova // Proceedings of the Komi Science Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences. Series "Earth Sciences". – 2023. – № 2 (60). – P. 81–85.

Дата поступления статьи: 24.03.2023

Прошла рецензирование: 04.04.2023

Принято решение о публикации: 11.05.2023

Received: 24.03.2023

Reviewed: 04.04.2023

Accepted: 11.05.2023