

## НАУКИ О ЗЕМЛЕ

УДК 621.315.613.1:549.623.5

**СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ СЛЮДЯНОЙ ОБЛАСТИ.  
ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ****Шиселова Т.И., Житов В.Г.***Иркутский национальный исследовательский технический университет, Иркутск,  
e-mail: tamara.shishelova@gmail.com*

Слюда – достаточно простой и известный минерал, который находит применение во многих отраслях промышленности. Слюда исследуют и используют почти во всех странах мира. Впервые слюда нашла применение в качестве оконных вставок. Области использования постоянно расширяются и возобновляются. Так как слюда обладает высокими электроизоляционными свойствами, областью применения долго являлась электротехническая промышленность. Диапазон использования слюды в настоящее время достаточно широк. Слюда находит применение для производства различных слюдосодержащих композиционных материалов. Редкие природные качества слюд будут востребованы в развитии технологий будущего. Целью работы явилось изучение состояния слюдяной отрасли в России. Рассмотрение решения вопроса успешного возобновления и развития слюдяной отрасли России. Выявление перспективных областей использования слюды. Приводится анализ решения проблемы. Анализируются работы зарубежных авторов. Выявление наиболее перспективных областей использования слюд будет способствовать успешному возобновлению слюдяной промышленности. Для успешного решения необходимо расширить перспективные отрасли использования слюды. Такими областями использования слюды являются строительная индустрия, экология. Особый интерес представляет использование слюды в нанотехнологии для машиностроительных материалов, обладающие долгосрочной перспективой развития. Рекомендуется возможность применения композиционных материалов на основе слюды в радиационной и космической тематике.

**Ключевые слова:** слюда, слюдо-композиты, использование, добыча, перспективы, микалекс, мусковиты, флюгоптиты, радиационная защита

**MODERN CONDITION OF THE MICA SPHERE. PROBLEMS AND PROSPECTS****Shishelova T.I., Zhitov V.G.***Irkutsk National Research Technic University, Irkutsk, e-mail: tamara.shishelova@gmail.com*

Mica is a fairly simple and well-known mineral, which finds application in many industries. Mica is explored and used in almost all countries of the world. For the first time, mica found application as window inserts. Areas of use are constantly expanding and resuming. Possessing high electrical insulation properties, the field of application for a long time was the electrical industry. The range of use of mica is now quite wide. Mica is used for the production of various mica-containing composite materials. Rare natural qualities of mica will be in demand in the development of future technologies. The aim of the work was to study the state of the mica industry in Russia. Consideration of the solution of the issue of the successful resumption and development of the mica industry in Russia. Identification of promising areas of mica use. Results of the study. An analysis of the solution of the problem is given. The works of foreign authors are analyzed. The identification of the most promising areas of use of micas will contribute to the successful resumption of the mica industry. For a successful solution, it is necessary to expand the promising fields of mica use. Such areas of mica use are construction industry, ecology. Of particular interest is the use of mica in nano-technology for machine-building materials that have a long-term development perspective. It is recommended to use composite materials based on mica in radiation and space topics.

**Keywords:** mica, mica-composites, use, extraction, prospects, mica-leks, muscovites, fugovit, radioactive-defence

*История использования слюды.* Первую крупнолистовую слюду, с которой познакомилась европейская цивилизация, добывали в Карелии. В XVII – начале XVIII в. её крупными партиями вывозили на запад через Архангельский порт, и она являлась одним из важнейших экспортных товаров России. Светлую слюду называют *мусковит*. Происходит это название от города Москвы, или правильнее «Московиин» [1–2].

**Цель работы**

Изучение состояния слюдяной отрасли в России: Основные месторождения и запасы слюды. Свойства и разновидности слюды, используемые в слюдяной промыш-

ленности. Анализ решения проблемы по восстановлению слюдяной отрасли. Выявление перспективных отраслей её использования.

В настоящее время невозможно установить, когда впервые начали применять слюду как промышленное сырье. Впервые использовалась карельская слюда для вставок в оконные переплёты древнего Новгорода X–XII века. Большой спрос на крупнолистовую слюду был в XVI в. Английские купцы вывозили её из России большими партиями, предпочитая слюдяные окна еще не совершенному тогда оконному стеклу. К середине XVII в. появился самостоятельный центр добычи слюды и в Сибири. Роль

местного потребления слюды была довольно велика. В конце XVII в. были открыты месторождения слюды на Алдане, которые не имели в то время большого промышленного применения. В конце XIX и начале XX вв. её использовали для хозяйственных ремесёл. В больших объёмах слюду стали применять в электротехнической промышленности, которая развивалась очень медленно, и только в период войны 1914 г. начался существенный рост. Следующий этап развития слюдяной промышленности Советского Союза имел место во время Великой Отечественной войны. В послевоенные годы было сделано ещё одно крупное открытие. Было открыто Ковдорское месторождение флогопитовой слюды. Очень хорошие мусковитовые слюды добываются в Индии, их сравнительно невысокая цена складывалась за счёт дешевого рабочего труда. Россия закупала индийскую мусковитовую слюду, тем самым пополняя недостающую потребность.

*Свойства и разновидности слюды.* Слюда является одним из самых распространенных в земной коре минералов. Содержание её в верхних слоях земной коры составляет 2–4% всего объёма горных пород [3]. Несмотря на широкое распространение в природе различных слюд, в том числе биотита (магнезиально-железистая слюда), лепидолита, циннвальдита (литиевые слюды) и других, наибольшее промышленное значение имеют мусковит  $KAl_2[AlSi_3O_{10}](OH,F)_2$  (калиево-алюминиевая слюда) и флогопит  $K(Mg,Fe)_3[AlSi_3O_{10}](OH,F)_2$  (калиево-магнезиальная слюда) [4].

Важнейшими свойствами мусковита и флогопита, определяющими их промышленное использование (помимо способности к расщеплению на тонкие, упругие и гибкие пластинки), являются: высокая механическая прочность и высокие диэлектрические и электрические свойства.

*Запасы слюды в Иркутской области.* В недрах Иркутской области имеется два вида слюды: мусковит (светлая калиевая слюда, залегающая в Мамско-Чуйском и Гутаро-Бирюсинском мусковитовых районах); флогопит (железисто-магнезиальная слюда, сосредоточенная в Слюдянском-флогопитовом районе). Прогнозные ресурсы всех видов слюды оценены в 1640 млн т, балансовые – в 704 млн т. Известны такие месторождения, как Витимское, Колотовское, Большесевёрное, Луговское, Слюдянское, Согдиондонское, Чуйское. Месторождения известны с 1689 г.

В настоящее время в районе сосредоточены все основные запасы и вся добыча слюды области [5]. Основными потребителями слюды являлись Иркутская слюдяная фабрика (65%) и Балашовский слюдокомбинат в Саратовской области (35%).

Сейчас прогнозные ресурсы флогопита по Слюдянскому району оцениваются примерно в 300 тыс. т. Это позволяет в случае появления спроса на данный вид слюды возобновить добычу в объёме порядка 1,5 тыс. т промсырца в год [6].

*Области использования слюд.* Флогопит и мусковит – это высококачественные электроизоляционные материалы, незаменимые в электротехнических областях. Большие размеры листов, получаемых при склеивании пластин слюды и миканита, применяются в качестве первосортного электро- и теплоизоляционного материала. Мелкая слюда и скрап, полученный из молотой слюды, используются преимущественно в цементной, строительной, резиновой промышленности, в процессе производства пластмасс, красок, клея, герметиков, мастик и т.д. [7–9].

Государственная политика СССР, направленная на усиление оборонного потенциала страны, привела к стремительному росту военно-промышленного комплекса, ставшего основным потребителем слюды. Слюда становится одним из стратегических видов минерального сырья. Значительно увеличился и ассортимент изделий из нее. Это потребовало открытия специализированных фабрик по переработке слюды. В период с 1925 по 1966 гг. на территории СССР были открыты 13 специализированных фабрик. В начале 1960-х гг. резко возросла потребность народного хозяйства в производстве листовой слюды как материала для электроизоляционной промышленности. Возникла необходимость в подготовке инженерных кадров. Эту работу в Сибири возглавил ректор Иркутского политехнического института (ИПИ) С.Б. Леонов – крупный ученый, государственный деятель, организатор научных исследований вузовской науки. Под его руководством работал большой коллектив ученых в направлении добычи и переработки слюды. В 1980–1990-х гг. был проведен большой объем исследовательских работ по обогащению крупнолистовой и мелкозернистой слюды, что позволило комплексно использовать минеральное сырье.

Под руководством д.т.н. Т.И. Шишеловой на основе научных достижений и экспе-

риментальных исследований разработаны теоретические основы технологии создания новых термически устойчивых слюдо-содержащих материалов и эффективных нагревательных элементов [10–12], предусматривающих расширение сырьевой базы и рациональное использование минерального сырья [13–14]. На основе слюдокерамических электронагревателей (СКЭН) была разработана нагревательная слюдо-керамическая панель. Это была принципиально новая область использования микалекса в электротермии. Были также проведены научные работы по использованию нагревостойких композитов на основе слюды в металлургической промышленности. В частности, изделия из них применялись для разлива алюминия на заводе в городе Шелехов. Совместно с учеными Москвы и Ленинграда были разработаны другие слюдокомпозиты с высокими электротехническими характеристиками взамен дорогостоящих материалов, таких как электротехнический фарфор, кордиеритовая керамика и другие материалы, которые имели более низкие электротехнические характеристики.

Большая работа проведена по внедрению СКЭНов, на основе которых были разработаны системы электроотопления зданий: нагревательные панели, теплые полы, воздухонагреватели, калориферы. В 1950–1960-х гг. в Иркутской области большими темпами развивалась слюдяная отрасль промышленности. В Иркутской области находились две слюдяные фабрики, которые перерабатывали слюду. В настоящее время Иркутская слюдяная фабрика полностью закрыта, а на ее месте расположен рынок. На Нижне-Удинской фабрике функционирует только один цех.

В первой половине 1990-х гг. спрос на слюдяные материалы на российском рынке значительно сократился вследствие резкого падения производства в отраслях ВПК, потреблявших в 1980-е гг. до 70% добывавшейся в СССР слюды. Это пагубно сказалось на отечественной добывающей слюдоиндустрии. Были законсервированы ранее эксплуатировавшиеся слюдяные месторождения, закрыты, перепрофилированы либо фактически перестали существовать многие слюдоперерабатывающие фабрики [15].

Начиная с 2000-х гг. в связи с постепенным выходом России из экономического кризиса начинает расти потребность отечественного рынка в слюде. Однако количество добываемой в России слюды падает год от

года и не удовлетворяет все возрастающие потребности отечественной промышленности.

В настоящее время в Иркутской области имеются очень большие запасы слюды, есть и рабочая сила и еще сохранился научный потенциал. Для возрождения слюдяной отрасли промышленности необходимо разрабатывать новые перспективные области использования слюды, в результате которых слюда займет определенное место в развивающейся индустрии страны. В этом направлении работают ученые ИРННТУ. Одной из перспективных областей использования слюды является экология [16, 17]. В этом направлении работали и другие ученые [18–20].

Ученые из Государственного университета штата Пенсильвания при поддержке Национального научного общества (NSF) провели исследования по проблеме удаления вредных веществ из загрязненных рек и питьевой воды с помощью слюдяной пульпы. Профессором минералогии глин Ридхаром Комарнени доказано, что синтетическая глина, известная как разбухающая слюда, может отделять ионы радия от воды. Это открытие может иметь огромное значение для ядерной промышленности при проведении захоронений радиоактивных и опасных для окружающей среды промышленных отходов. Ученые из Белоруссии применяли порошок слюды для очистки водоема от разлива нефти. Авторами работы [21] изготовлены высокогидрофильные фильтры с использованием природных и гидротермальных обработанных наночастиц слюды для эффективного разделения масла и воды. Изготовленная двойная слоистая мембрана показала сверхамфифильные и сверхгидрофильные характеристики в воздухе и под водой соответственно. Мембрана может отделять смеси масла – вода с эффективностью разделения ~99%. Авторы публикации [22] утверждают, что поверхность материалов, изготовленных из синтетических слюд с поверхностным функционалом обладает высокой эффективностью для адсорбции неионных органических загрязнителей. В работе [23] предлагается использовать термообработанный флогопит для активации щелочи. Авторы работ подтвердили радиационную стойкость минералов, входящих в состав гранитоидов [24, 25].

Особенно широкое применение слюда нашла при производстве композиционных материалов: миканитов, микалексов, новомикалексов, слюдокерамики и ряда других материалов [26–28]. Композиционные материалы

на основе слюды стали выпускаться нашей промышленностью сравнительно давно, примерно в 30-х гг. XX в. Научные исследования и разработки технологий этих материалов в большей степени принадлежат учёным и исследователям из Санкт-Петербурга и Москвы [29], Иркутска [30, 10].

Большой вклад в развитие слюдяной отрасли России в целом и в разработку технологий получения микалекса с улучшенными характеристиками в частности внесли учёные ИПИ: Т.И. Шишелова, Л.В. Чиликанова, Т.В. Созинова, Н.В. Леонова, а также профессор Иркутского государственного университета М.С. Мецик.

Микалекс – композиционный материал, получаемый методом горячего прессования смеси мелкокристаллического порошкообразного природного мусковита и тонкодисперсного легкоплавкого стекла. Физические свойства микалекса определяются качеством исходных материалов, их микроструктурой, а также технологией его изготовления. Микалекс обладает большой механической прочностью – предел прочности при статическом изгибе составляет 70–100 МПа.

Авторами проведены исследования новых областей применения микалекса. Методом регистрации ионизирующего излучения и масс-спектроскопическим методом проведены исследования линейных коэффициентов ослабления от  $\gamma$ -излучения микалексов на основе различных слюд после бомбардировки потоками электронов с различными энергиями. Результаты исследований показали, что микалекс как композиционный материал особенно перспективен для захоронения радиационных отходов (РО), поскольку компоненты, из которых он изготавливается – стекло и слюда, сами по себе имеют хорошие показатели по радиационной стойкости. В процессе спекания и горячего прессования образуется монолит с хорошими механическими и электрофизическими свойствами: он не подвержен воздействию влаги, выдерживает сложную технологическую обработку, запрессовку и, как следствие, может быть рекомендован для захоронения РО.

Показана четкая зависимость коэффициента линейного ослабления от состава микалекса: вида использованной слюды, процентного соотношения наполнителей и связующего. Выявлена новая область использования композиционных материалов на основе слюды (микалекса) в качестве радиационно стойких материалов и материалов для захоронения РО.

Проведены испытания микалекса на газоотделение в сверхвысоковакуумной установке УСУ-3 (вакуум  $10^{-11}$  мм рт.ст.,  $t = 30^\circ\text{C}$ ). В течение всего эксперимента проводился масс-спектрометрический контроль состава остаточных газов. Испытания показали, что наличие образца в системе не сказалось ни на режиме откачки, ни на значении предельно достижимого вакуума, ни на спектре остаточных газов. Это дает возможность использования микалекса в электронной промышленности в качестве заменителя сверхвысоковакуумной керамики (СВБК), а также в области космических технологий.

Редкие природные качества слюды будут востребованы в развитии технологий будущего, например в нанотехнологиях. Отдельные компоненты из графена уже существуют, например ультрабыстрые транзисторы или детекторы размером всего в одну молекулу. Однако для применения в реальном мире данный материал необходимо разместить на некоторой подложке, которая за счет взаимодействия может существенно ухудшить его свойства. При взаимодействии со слюдой электронная структура графена остается неизменной. Использование слюды будет востребовано практически во всех макро- и наносферах завтрашнего дня. А потому дальнейшее исследование этого минерала привлекает пытливые умы многих учёных.

В настоящее время успешно ведутся работы по созданию композиционных материалов на основе полимерных матриц. Наполнителями таких материалов часто являются представители природных слоистых силикатов. Для изготовления композита требуется измельчение исходного минерального сырья для получения наполнителя нужного размера и формы. Частицы слюды в большинстве случаев имеют форму микропластин, что позволяет использовать их в нанокompозитах.

### Выводы

Для успешного возобновления слюдяной промышленности необходимо расширять и выявлять новые области использования слюды. Наиболее перспективными среди них являются:

- экология: использование слюды в качестве сорбента для очистки воды от различных загрязнителей;
- создание на основе слюд материалов для радиационной защиты и захоронения РО;
- возможность использования слюды в космической отрасли;

– использование слюды в нанотехнологиях.

Особое внимание нужно уделить силикатсодержащим нанокompозитам как машиностроительным материалам, оптимально сочетающим высокие параметры физико-механических, технико-экономических и технологических характеристик и имеющим долгосрочную перспективу развития.

### Список литературы

1. Шахнович М.М., Скамницкая Л.С. Локализация мест добычи слюды в позднем средневековье в северной Карелии и на Кольском полуострове // Известия Иркутского государственного университета. Серия: Геоархеология. Этнология. Антропология. – 2014. – № 9. – С. 141–152.
2. Апшаров А.Ю., Лыткина Ю.Е., Курмангалиев С.Б. Слюда: прошлое и настоящее ценного минерала // Наука, образование и инновации: материалы Междунар. науч.-практ. конф. (Стерлитамак, 12 июля 2017 г.). – Уфа: Изд-во ООО «Агентство международных исследований», 2017. – С. 19–21.
3. Ткачев А.В., Сапожникова Л.Н. Разноранговые многофакторные модели месторождений листового мусковита для полистадийных геологоразведочных работ // Гранитные пегматиты: проблемы геологической теории и практики. – М.: ВИМС, 2008. – С. 77–103.
4. Волков К.И., Загибалов П.Н., Мецник М.С. Свойства, добыча и переработка слюды. – Иркутск: Вост.-Сиб. кн. изд-во, 1971. – 350 с.
5. Яловик Г.А. Состояние и перспективы развития минерально-сырьевой базы Бурятии // Новые и нетрадиционные типы месторождений полезных ископаемых Прибайкалья и Забайкалья: материалы Всерос. науч.-практ. конф. (Улан-Удэ, 10–12 ноября 2010 г.). – Улан-Удэ: ИД «Экос». – С. 3–15.
6. Винокуров М.А., Суходолов А.П. Горнотехническое и горнохимическое сырье Иркутской области // Экономика Иркутской области: В 4 т. – Иркутск: Изд-во: БГУЭП, 1999. URL: [http://irkpedia.ru/content/gornotekhnicheskoe\\_i\\_gornohimicheskoe\\_syre\\_irkutskoy\\_oblasti\\_vinokurov\\_ma\\_suhodolov\\_ap](http://irkpedia.ru/content/gornotekhnicheskoe_i_gornohimicheskoe_syre_irkutskoy_oblasti_vinokurov_ma_suhodolov_ap)[http://irkpedia.ru/content/gornotekhnicheskoe\\_i\\_gornohimicheskoe\\_syre\\_irkutskoy\\_oblasti\\_vinokurov\\_ma\\_suhodolov\\_ap.html.html](http://irkpedia.ru/content/gornotekhnicheskoe_i_gornohimicheskoe_syre_irkutskoy_oblasti_vinokurov_ma_suhodolov_ap.html.html) (дата обращения: 05.02.2018).
7. Абдулова С.Р., Олах Н.М. Обогащение слюдяных руд: тенденции развития // Связь теории и практики научных исследований: сб. ст. Междунар. науч.-практ. конф. (Саранск, 03 марта 2016 г.). – Уфа: Изд-во ООО «Омега Сайнс», 2016. – С. 209–211.
8. Чиликанова Л.В., Шишелова Т.И., Коновалов Н.П. Слюдяные рудничные скрапы в производстве слюдокомпозитов // Фундаментальные исследования. – 2004. – № 5. – С. 55–57.
9. Абдулова С.Р., Олах Н.М. Производство электроизоляционных материалов на основе слюдопласта // Взаимодействие науки и общества: проблемы и перспективы: сб. ст. Междунар. науч.-практ. конф. (Уфа, 01 марта 2016 г.). – Уфа: НИЦ «Этерна», 2016. – С. 22–23.
10. Шишелова Т.И., Шульга В.В. Физико-химические основы производства композитных материалов на основе слюд // Фундаментальные исследования. – 2016. – № 3–3. – С. 538–541.
11. Шишелова Т.И., Тюрин Н.Г., Чайкина Е.А., Леонов С.Б. Физико-химические основы производства слюдокомпозитов. – Иркутск: Ладья, 1993. – 212 с.
12. А.с. 1139367 СССР МКИЗ Н 05 В 3/10. Способ изготовления резистивного нагревателя / В.С. Стариков, Т.И. Шишелова, С.Б. Леонов. – 1980. – Бюл. № 3/0. – С. 1–4.
13. Шишелова Т.И., Липовченко Е.Л. Квантово-механический расчёт дегидроксидации минералов // Успехи современного естествознания. – 2015. – № 12. – С. 177–181.
14. Шишелова Т.И., Леонова Н.В. Дегидроксидация слюды в системе «слюда – стекло» // Успехи современного естествознания. – 2017. – № 1. – С. 23–27.
15. Малов Н.Д., Щипцов В.В. Кризис слюдяной отрасли беломорской пегматитовой провинции и перспективы его преодоления // Записки горного института. – 2016. – № 218. – С. 172–178.
16. Бондаренко В.И., Лукина Г.В., Самаркина Е.В. Использование отходов слюды для очистки воды на объектах теплоэнергетики // Вестник ИРГСХА. – 2012. – № 51. – С. 104–111.
17. Матвеев Д.Ю. Гальваномагнитные свойства блочных и монокристаллических пленок висмута, легированного теллуром, изготовленных на подложках из слюды-мусковит // Перспективные технологии, оборудование и аналитические системы для материаловедения и наноматериалов: труды III Междунар. конф. (Курск, 24–26 мая 2016 г.). – Курск: Изд-во Юго-Западного государственного университета, 2016. – С. 268–273.
18. Леушин И.О., Лычагов А.С. Применение отходов слюды в составе защитных покрытий чугуновых тиглей для плавки алюминиевых сплавов // Заготовительные производства в машиностроении. – 2015. – № 8. – С. 3–7.
19. Определение кривой отражения сферически изогнутого кристалла слюды, применяемого для диагностики рентгеновского излучения релятивистской лазерной плазмы / М.А. Алхимова [и др.] // Краткие сообщения по физике Физического института им. П.Н. Лебедева Российской академии наук. – 2016. – Т. 43, № 10. – С. 3–8.
20. Петров В.Б., Глазова Н.Ю., Бычяня Ю.Г. Получение модифицированных слюд, используемых для покрытий сварочных электродов // Проблемы рационального использования природного и техногенного сырья Баренц-региона в технологии строительных и технических материалов: материалы V Всерос. науч. конф. с междунар. участием (Апатиты, 12–15 ноября 2013 г.). – Апатиты: Изд-во Кольского научного центра РАН, 2013. – С. 158–159.
21. Udara Bimendra Gunatilake, Jayasundera Bandara Fabrication of highly hydrophilic filter using natural and hydrothermally treated mica nanoparticles for efficient waste oil-water separation // Journal of Environmental Management. – 2017. – № 191. – P. 96–104. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.01.002>.
22. Pazos M.C., Castro M.A., Cota A., Osuna F.J., Pavon Esperanza, Alba M.D. New insights into surface-functionalized swelling high charged micas: Their adsorption performance for non-ionic organic pollutants // Journal of Industrial and Engineering Chemistry. – 2017. – № 52. – P. 179–186. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2017.03.042>.
23. Harisankar Sreenivasan, Paivo Kinnunen, Eetu-Pekka Heikkinen, Mirja Illikainen Thermally treated phlogopite as magnesium-rich precursor for alkali activation purpose // Minerals Engineering. – 2017. – № 113. – P. 47–54. doi: <https://doi.org/10.1016/j.mineng.2017.08.003>.
24. Дубровский В.Б. Радиационная стойкость строительных материалов. – М.: Стройиздат, 1977. – 278 с.
25. Шишелова Т.И., Чиликанова Л.В., Борзов В.Г., Байбородин Б.В. Микалекс. – Иркутск: Изд-во Иркутского государственного университета, 1986. – 111 с.
26. Термохимические характеристики глинистых минералов и слюд / М.Д. Маслова [и др.] // Вестник Казанского технологического университета. – 2014. – Т. 17, № 21. – С. 121–127.
27. Коган В.Е., Шахпаронова Т.С. Способы получения и свойства композиционных материалов в системе стекло – слюда // Международный научно-исследовательский журнал. – 2015. – № 1–1 (32). – С. 45–47.
28. Шишелова Т.И., Чиликанова Л.В., Коновалова А.Н. Мелкозернистая слюда и стеклобой в производстве кон-

струкционных электроизоляционных материалов // Успехи современного естествознания. – 2004. – № 2. – С. 87–88.

29. Серебряник И.А., Федорова С.В. Слодопереработка в Сибири: исторический аспект // Theoretical and applied science. – 2015. – № 10. – С. 20–23.

30. Шишелова Т.И., Житов В.Г. Использование композиционных материалов на основе слюды для захоронения радиоактивных отходов // XXI Век. Техносферная безопасность. – 2017. – Т. 2, № 1. – С. 86–92.

## References

- Shakhnovich M. M., Skamnitskaia L. S. Localization of mica production in the late Middle Ages in North Karelia and the Kola Peninsula [Lokalizatsiia mest dobychi sliudy v pozdnem srednevekov'e v severnoi Karelii i na Kol'skom poluostrove ]. Izvestiia Irkutskogo gosudarstvennogo universiteta. Serii: Geoarkheologii. Etnologii. Antropologii. - News of the Irkutsk state university. Series: Geoarcheology. Ethnology. Anthropology, 2014, no. 9, pp. 141-152.
- Apsharov A.Iu., Lytkina Iu.E., Kurmangaliev S.B. Sliuda: proshloe i nastoiashchee tsebnogo minerala [Mica: past and the present of valuable mineral]. Nauka, obrazovanie i innovatsii: materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. (g. Sterlitamak, 12-13 iulia 2017 g.) [Proceedings of Science, education and innovations: materials of the International scientific and practical conference (Sterlitamak, July 12-13, 2017)], Ufa, Izd-vo OOO «Agentstvo mezhdunarodnykh issledovaniy», 2017, pp. 19-21.
- Tkachev A.V., Sapozhnikova L.N. Raznorangovye mnogofaktornye modeli mestorozhdenii listovogo muskovita dlia polistadiinykh geologorazvedochnykh работ [Raznorangovyye multiple-factor models of fields of sheet white mica for polyphasic exploration works]. Granitnye pegmatity: problemy geologicheskoi teorii i praktiki [Granite pegmatites: problems of the geological theory and practice]. Moscow, VIMS, 2008, pp. 77-103.
- Volkov K.I., Zagibalov P.N., Metsik M.S. Svoistva, dobycha i pererabotka sliudy [Properties, production and processing of mica]. Irkutsk, Vost.-Sib. kn. izd-vo, 1971, 350.
- Ialovik G.A. Sostoianie i perspektivy razvitiia mineral'no-syr'evoi bazy Buriatii [State and prospects of development of mineral resources of Buryatia]. Novye i netraditsionnye tipy mestorozhdenii poleznykh iskopaemykh Pribaikal'ia i Zabaikal'ia: materialy Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii (g. Ulan-Ude, 10-12 noiabria 2010 g.) [Proceedings of New and nonconventional types of mineral deposits of Baikal region and Transbaikalia: materials of the All-Russian scientific and practical conference (Ulan-Ude, November 10-12, 2010)], Ulan-Ude, ID «Ekos», 2010, pp. 3-15.
- Vinokurov M.A., Sukhodolov A.P. Gornotekhnicheskoe i gornokhimicheskoe syr'e Irkutskoi oblasti [Mining and mining chemical raw materials of the Irkutsk region]. Available at: [http://irkipedia.ru/content/gornotekhnicheskoe\\_i\\_gornokhimicheskoe\\_syre\\_irkutskoy\\_oblasti\\_vinokurov\\_ma\\_suhodolov\\_ap](http://irkipedia.ru/content/gornotekhnicheskoe_i_gornokhimicheskoe_syre_irkutskoy_oblasti_vinokurov_ma_suhodolov_ap) (accessed 12 March 2018).
- Abdulova S.R., Olakh N.M. Obogashchenie sliudianykh rud: tendentsii razvitiia [Enrichment of mica ores: development tendencies]. Sviaz' teorii i praktiki nauchnykh issledovaniy: sb. st. Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. (g. Saransk, 3-3 marta 2016 g.) [Proceedings of Communication of the theory and practice of scientific research: collection of articles of the International scientific and practical conference (Saransk, March 3-3, 2016)], Ufa, OOO «Omega Sains», 2016, vol. 2, pp. 209-211.
- Chilikanova L.V., Shishelova T.I., Konvalov N.P. Mica miner skrapa in production of slyudokompozit [Sliudiane rudnichnye skrapy v proizvodstve slyudokompozitov ]. Fundamental'nye issledovaniia - Fundamental research, 2004, no. 5, pp. 55-57.
- Abdulova S.R., Olakh N.M. Proizvodstvo elektroizolatsionnykh materialov na osnove sliudoplasta [Production of electroinsulating materials on the basis of the slyudoplast]. Vzamoдействие nauki i obshchestva: problemy i perspektivy: sb. st. Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. (g. Ufa, 1-1 marta 2016 g.) [Proceedings of Vzamodeystviy sciences and obshchestva: problema and prospects: Collection of articles of the International scientific and practical conference (Ufa, March 1-1, 2016)], Ufa, NITS «Eterna», 2016, pp. 22-23.
- Shishelova T.I., Shul'ga V.V. Current State of Production of Composite Materials Based on Mica [Fiziko-khimicheskie osnovy proizvodstva kompozitnykh materialov na osnove sliudy ]. Fundamental'nye issledovaniia - Fundamental research, 2016, vol. 3, no. 3, pp. 538-541.
- Shishelova T.I., Tiurin N.G., Chaikina E.A., Leonov S.B. Fiziko-khimicheskie osnovy proizvodstva slyudokompozitov [Physical and chemical bases of production of slyudokompozit]. Irkutsk, Lad", 1993, 212.
- Starikov V.S., Shishelova T.I., Leonov S.B. The copyright certificate on the invention of 1139367 [Way of production of the resistive heater ]. 1980. Bulletin No. 3/0. Page 1-4.
- Shishelova T.I., Lipovchenko E.L. Quantum Mechanical Calculation of Minerals Denydroxylation [Kvantovomekhanicheskii raschet degidroksilatsii mineralov ]. Uspekhi sovremennogo estestvoznaniia - Advances in current natural sciences, 2015, no. 12, pp. 177-181.
- Shishelova T.I., Leonova N.V. Micas Degidrosilation in the "Mica - Glas" System [Degidroksilatsiia sliudy v sisteme «sliuda – steklo» ]. Uspekhi sovremennogo estestvoznaniia - Advances in current natural sciences, 2017, no. 1, pp. 23-27.
- Malov N.D., Shechptsov V.V. Crisis in mica production industry of the Belomorskaya pegmatite province and perspective of its overcoming [Krizis sliudianoi otrasli belomorskoj pegmatitovoi provintsii i perspektiva ego preodoleniia]. Zapiski gornogo instituta - Journal of Mining Institute, 2016, no. 218, pp. 172-178.
- Bondarenko S.I., Lukina G.V., Samarkina E.V. Use of mica wastes for water cleaning at the objects of thermal engineering [Ispol'zovanie otkhodov sliudy dlia ochistki vody na ob'ektakh teploenergetiki ]. Vestnik IRGSKhA - Vestnik IRGSKhA, 2012, no. 51, pp. 104-111.
- Matveev D.Iu. Gal'vanomagnitnye svoistva blochnykh i monokristallicheskiy plenok vismута, legirovannogo tellurom, izgotovlennykh na podlozhkakh iz sliudy-muskovit [Galvanomagnetic properties of block and single-crystal films of the bismuth alloyed by tellurium, the made on substrates of mica-white mica]. Perspektivnyye tekhnologii, oborudovanie i analiticheskie sistemy dlia materialovedeniia i nanomaterialov: trudy III Mezhdunarodnoi konferentsii (Kursk, 24-26 maia 2016 g.). Kursk: Izd-vo Iugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta, 2016 g. S. (g. Kursk, 24-26 maia 2016 g.) [Proceedings of Perspective technologies, the equipment and analytical systems for materials science and nanomaterials: works III of the International conference (Kursk, May 24-26, 2016)], Kursk, Izd-vo Iugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta, 2016, pp. 268–273.
- Leushin I.O., Lychagov A.S. Application of mica waste in composition of coatings for cast iron crucibles for melting of aluminum alloys [Primenenie otkhodov sliudy v sostave zashchitnykh pokrytii chugunnykh tiglei dlia plavki aliuminievykh splavov]. Zagotovitel'nye proizvodstva v mashinostroenii - Procuring productions in mechanical engineering, 2015, no. 8, pp. 3-7.
- Alkhimova M.A., Pikuz S.A., Skoblev I.Iu., Faenov A.Ia. Determination of the reflectivity curve of a spherically bent mica crystal used to diagnose X-ray radiation of relativistic laser plasma [Opredelenie krivoi otrazheniia sfericheskoi izognutogo kristalla sliudy, primeniayemogo dlia diagnostiki rentgenovskogo izlucheniia relativistkoi lazernoi plazmy]. Kratkie soobshcheniia po fizike Fizicheskogo instituta im. P.N. Lebedeva Rossiiskoi akademii nauk – Bulletin of the Lebedev Physics Institute, 2016, vol. 43, no. 10, pp. 291-294. DOI: 10.3103/S1068335616100018.
- Petrov V.B., Glazova N.Iu., Bychenia Iu.G. Poluchenie modifitsirovannykh sliud, ispol'zuemykh dlia pokrytii svarochnykh elektrodov [Receiving the modified micas used for coverings of welding electrodes]. Problemy ratsional'nogo ispol'zovaniia prirodnogo i tekhnogennogo syr'ia Barents-regiona v tekhnologii stroitel'nykh i tekhnicheskikh materialov: materialy V Vserossiiskoi nauchnoi konferentsii s mezhdunarodnym

uchastiem (g. Apatity, 12-15 noiabria 2013 g.) [Proceedings of Problems of rational use of natural and technogenic Barents-regiona raw materials in technology of construction and technical materials: materials V of the All-Russian scientific conference with the international participation (Apatity, November 12-15, 2013)], Apatity, Izd-vo Kol'skogo nauchnogo tsentra RAN, 2013, pp. 158–159.

21. Udara Bimendra Gunatilake, Jayasundera Bandara Fabrication of highly hydrophilic filter using natural and hydrothermally treated mica nanoparticles for efficient waste oil-water separation. *Journal of Environmental Management*, 2017, no. 191, pp. 96-104. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.01.002>.

22. M. Carolina Pazos, Miguel A. Castro, Agustin Cota, Francisco J. Osuna, Esperanza Pavon, Maria D. Alba New insights into surface-functionalized swelling high charged micas: Their adsorption performance for non-ionic organic pollutants. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 2017, no. 52, pp. 179-186. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2017.03.042>.

23. Harisankar Sreenivasan, Paivo Kinnunen, Eetu-Pekka Heikkinen, Mirja Illikainen Thermally treated phlogopite as magnesium-rich precursor for alkali activation purpose. *Minerals Engineering*, 2017, no. 113, pp. 47-54. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.mineng.2017.08.003>.

24. Dubrovskii V.B. Radiatsionnaia stoikost' stroitel'nykh materialov. M.: 1977, 278 s [Radiation firmness of construction materials]. Moscow, Stroiizdat, 1977, 278.

25. Shishelova T.I., Chilikanova L.V., Borzov V.G., Baborodin B.V. Mikaleks [Micalex]. Irkutsk, Izd-vo Irkutskogo gosudarstvennogo universiteta, 1986, 111.

26. Maslova M.D., Belopukhov S.L., Timokhina E.S., Shnee T.V., Nefed'eva E.E., Shaikhiev I.G. Thermochemical characteristics of clay minerals and Maslov's micas [Termokhimicheskie kharakteristiki glinistykh mineralov i sliud ]. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta – Bulletin of the Kazan technological university*, 2014, vol. 21, no. 17, pp. 121-127.

27. Kogan V.E., Shakhparonova T.S. Ways of Receiving and Properties of the Composite Materials in System Glass-Mica [Sposoby polucheniia i svoistva kompozitsionnykh materialov v sisteme steklo – sliuda / V.E. Kogan, T.S. Shakhparonova. – 2015. – № 1-1 (32). – S. 45–47]. *Mezhdunarodnyi nauchno-issledovatel'skii zhurnal - International Research Journal*, 2015, vol. 32, no. 1, pp. 45-47.

28. Shishelova T.I., Chilikanova L.V., Konovalova A.N. Melkorazmerny mica and cullet in production of constructional electroinsulating materials [Melkorazmernaia sliuda i stekloboi v proizvodstve konstruktsionnykh elektroizoliatsionnykh materialov ]. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniia - Advances in current natural sciences*, 2004, no. 2, pp. 87.

29. Serebrianik I.A., Fedorova S.V. Processing Mica in Siberia: Historical Aspect [Sliudopererabotka v Sibiri: istoricheskii aspekt ]. *Teoreticheskaiia i prikladnaia nauka - Theoretical and Applied Science*, 2015, no. 10, pp. 20-23. DOI: <http://dx.doi.org/10.15863/TAS.2015.10.30.6>.

30. Shishelova T.I., Zhitov V.G. Use of mica-based composite materials for radioactive waste dumping. [Ispol'zovanie kompozitsionnykh materialov na osnove sliudy dlia zakhoroneniia radioaktivnykh otkhodov]. *XXI Vek. Tekhnosfernaia bezopasnost' – XXI century. Technosphere Safety*, 2017, vol. 2, no. 1, pp. 86-92.