

ISSN 1999-4125 (Print)

**ОБОГАЩЕНИЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ  
MINERAL PROCESSING**

Научная статья

УДК 555.677

DOI: 10.26730/1999-4125-2023-2-101-110

**СОЗДАНИЕ КОМПОЗИТА НА ОСНОВЕ СЛЮДЫ И СТЕКЛА**

Федорова Светлана Валерьевна

Иркутский национальный исследовательский технический университет

\*для корреспонденции: fsta65@yandex.ru

**Информация о статье**

Поступила:

15 февраля 2023 г.

Одобрена после  
рецензирования:

10 мая 2023 г.

Принята к публикации:

25 мая 2023 г.

Опубликована:

15 июня 2023 г.

**Ключевые слова:**

электроизоляционные  
нагревательные элементы,  
стекло, слюда,  
производственный  
травматизм,  
профессиональные риски

**Аннотация.**

Запасов слюдяного сырья в стране достаточно для покрытия всех потребностей промышленности, но основная часть представлена относительно мелкой слюдой, поэтому высокосортная слюда в значительном количестве импортируется. Переработка мелкоразмерной слюды идет на производство электроизоляционных материалов. Слюда широко используется в электрической изоляции, работающей при повышенных температурах, а также подвергаются нагреванию в технологических процессах предварительной обработки при производстве изделий из них. За истекшие годы введены в проработку новые месторождения слюд, изменились области их применения, улучшились сведения о строении и свойствах. Быстрорастущее расширение областей применения изделий из слюды требует повышения нагревостойкости материалов при сохранении их хорошей обрабатываемости. В связи с комплексным освоением природных ресурсов несомненный интерес представляет использование слюды флогопит и флогопитовых отходов. Результаты современных научных исследований показывают, что термостойкость флогопита на 200<sup>0</sup> С выше, чем у мусковита. Этот факт открывает перспективу для создания более стойкого материала. В статье рассмотрены условия труда на предприятии по созданию электроизоляционных нагревательных элементов. Дана характеристика вредных и опасных производственных факторов, воздействующих на работников в процессе создания теплоизоляционных элементов, профессиональных рисков и производственного травматизма. Сделаны выводы особенности технологического процесса, используемого оборудования, а также представлен уровень механизации и автоматизации производства слюдяных изделий как комплекса неблагоприятных факторов производственной среды. Тема статьи ранее практически не поднималась и является малоизученной.

**Для цитирования:** Федорова С.В. Создание композита на основе слюды и стекла // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2023. № 2 (156). С. 101-110. DOI: 10.26730/1999-4125-2023-2-101-110, EDN: WEPRHZ

**Введение**

Слюда составляют обширную группу минералов, характеризующихся совершенной спайностью, то есть способностью расщепляться на очень тонкие листочки с ровной

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 механической прочностью. Они также термически и химически стойки, мало гигроскопичны и в тонких листочках гибки, упруги и прозрачны.

Благодаря такому сочетанию технически ценных свойств мусковит и флогопит являются важнейшими композиционными материалами, применяемыми в ответственных областях электроизоляционных материалов.

Слюда в большинстве случаев применяется в виде листочков различных размеров, формы и толщины. Меньшее значение имеет ее промышленное применение в виде молотого продукта.

Промышленное значение слюды определяется тем, что в тяжелых условиях эксплуатации электрических машин и аппаратуры электроизоляционных материалов только она может обеспечить надлежащую длительную и бесперебойную работу их наиболее ответственных типов.

К природным недостаткам промышленных слюд прежде всего относится часто наблюдаемое присутствие в слюдяных пластинах включений посторонних минералов, газовых пузырьков и расслоений. Неоднородность слюды, объясняемая наличием в ней включений, находится в зависимости от природы или количества последних.

Другим природным недостатком является изогнутость или волнистость пластинок слюды, препятствующая получению вполне плотного слоя изоляции и создающая затруднения при закреплении слюдяных деталей.

Из других минералогических видов слюд практическое значение, кроме мусковита и флогопита, имеют биотит, лепидолит, циннвальдит и вермикулит. Биотит в ограниченных количествах применяется для замены мусковита или флогопита в мало ответственных электроизоляционных изделиях. Вермикулит, представляющий собой гидратированный биотит, с трудом расщепляется на тонкие пластинки, обладает пониженными электрическими свойствами и недостаточно термически стоек. В электрической изоляции он не применяется, но благодаря исключительной пористости, которую он приобретает, вспучиваясь при нагревании, его используют как высококачественный теплоизоляционный материал. Лепидолит и циннвальдит используют как химическое сырье для получения лития и цезия.

В соответствии с промышленным значением слюд приводимое ниже описание их свойств относится почти исключительно к мусковиту и флогопиту. Характеристики других минералогических видов слюд приводятся лишь для сопоставлений с целью более ясного представления о пределах изменения некоторых свойств слюды.

В настоящее время на территории Российской Федерации существует предприятие ООО «Нижнеудинская слюдянитовая фабрика», которая ведет свою историю с 1932 года, а в 1964 году на ней было освоено производство нового вида продукции – микалекс (слюдокерамика), использующийся как высокочастотный электроизоляционный материал. [1]. Впоследствии на основе микалекса были изготовлены слюдокерамические электронагревательные элементы, основными составными компонентами которых является слюда мусковит и алюмоборосиликатное стекло с рядом химических добавок, снижающих температуру размягчения [2]. Для того, чтобы выяснить, как из слюды и стекла получается новый алюмосиликатный, электробезопасный, химический стойкий, влагостойкий материал, следует обратиться к технологии изготовления изделий из слюды и стекла и понять, какие проблемы и риски возникают при этом [3].

#### **Методы исследования**

Первоначальным этапом является поиск и разведка слюдяного месторождения.

Добыча слюды в основном разрабатывается открытым или подземными способами с применением бурильных и взрывных работ [4]. Кристаллы слюды отбирали из горной массы обычно вручную, в современное время разработаны промышленные методы синтеза слюды. Добыча слюдяного сырья по технологическим процессам и механизации существенным образом отличается от добычи других полезных ископаемых, требует совершенно иного порядка и последовательности выполнения работ в пределах месторождения [5]. Эти отличия определяют также особые варианты вскрытия и системы разработки. Технологические операции на слюдяных фабриках представляют собой способы механической обработки слюдяного сырья с

целью извлечения слюды определенных качественных признаков и величины полезной площади. [6-8]. Их можно подразделить на процессы извлечения листовой слюды – все процессы переработки, направленные на выявление максимальной полезной площади слюдяных пластин: это процесс расслоения кристаллов с сопутствующим удалением не полезной площади, сортировкой и нумеровкой полученных пластин и процессы использования измельченной слюды в виде штамповки и резки на гильотинах. [9]. Стадии обработки слюды – совокупность операций, производимых с кристаллами определенной толщины, совокупность операций, проводимых с забойным сырцом в виде грохочения и сортировки. Цикл обработки слюдяного сырья – обособленная группа процессов обработки слюды, обладающих общими признаками получения из разных видов сырья одинаковых полуфабрикатов (полуочистка, колка, калибровка) [10-12]. На циклы можно подразделить все технологические операции, такие как расслоение, удаление периферийной не полезной площади, классификацию по крупности, сортировку по качеству и назначению. Вся переработка слюдяного сырья может быть представлена четырьмя циклами, такими как производство первичных, промежуточных, целевых подборов для слюдяных изделий [13].

Первый цикл сводится к получению в результате грубой колки и сортировки сырца первичных подборов, назначение которых не может быть определено сколько-нибудь точно без последующей обработки, дополнительной подковки и сортировки. К первым подборам относят грубоколотую слюду, пластинчатый промсырец [14].

Второй цикл – получение подборов с выявленным назначением путем сортировки или подковки первичных подборов с последующей сортировкой колотой слюды, которые и поступают на обработку по назначению, на калибровку радиодетальной, конденсаторной слюды, на полуочистку. [14-16]. Отличительным признаком промежуточных подборов является возможность выявления в процессе их обработки слюды другого назначения. Так, при калибровке подборов возможно выявление слюды, качественные признаки которой удовлетворяют требованиям, предъявляемым к конденсаторной и щипаной слюде [17].

Третий цикл характеризуется производством подборов, строго соответствующих по качественным признакам и толщине своему назначению, таких как подборы калиброванной конденсаторной, прокладочной, щипаной слюды. Производство целевых подборов осуществляется путем калибровки промежуточных.

Четвертый цикл характеризуется целевым подбором при штамповке, резке на гильотинах. Щипаная слюда поступает на производство изоляции. Одним из важных вопросов при составлении принципиальной технологической схемы обработки слюды является установление границы деловой слюды и использование извлеченной [18]. Первые три цикла представляют собой совокупность процессов обогащения слюды по толщине и площади. Конечная толщина подборов определяет окончательную степень выявления полезной площади в кристаллах слюды. Знать границы извлечения и использования слюды крайне необходимо при ведении исследовательских работ, связанных с технологией обработки и переработки слюды [19-22]. Так, совершенно нецелесообразно ставить промышленную оценку слюдяных месторождений в зависимость от выхода готовых изделий при осуществлении геологического апробирования. При этом следует ограничиться циклом извлечения, установив соответствующий вид полуфабриката, позволяющий в достаточной степени характеризовать качественные признаки слюды [23]. При исследовании использования слюды в качестве исходного полуфабриката следует брать продукт операций извлечения полезных подборов. Таким образом, систематизация технологических процессов обработки и переработки слюды является предпосылкой к созданию единой технологической схемы, облегчает решение ряда практических вопросов [24].

Все работы в процессе добычи слюдяного сырья оказывают непосредственное действие на людей, работающих на предприятии, и представляют опасность и угрозу для их здоровья. Способ добычи минерального сырья связан со следующими опасностями:

1. при разработке слюдяных месторождений происходит откачка карьерных и шахтных вод;
2. загрязнение водных ресурсов, почвы и атмосферы;
3. на поверхность выносятся большое количество пустых пород, что сопровождается выбросами вредных газов и пыли;
4. происходит изменение гидрогеологических, атмосферных и почвенных условий в зонах горных разработок;

5. обмеление или полное исчезновение рек и ручьев;
6. затопление или заболачивание обработанных территорий;
7. несанкционированные взрывы при проведении массовых взрывных работ;
8. обрушение горной массы и уступов;
9. получение работниками травм, ушибов и других телесных повреждений при попадании в зону движущихся машин и механизмов и другие опасности.

После добычи слюдяное сырье проходит стадии обогащения на слюдовыборочных комплексах. В нашем производстве этот процесс осуществляется методом механической выборки и с применением виброгрохотов. В результате обогащения слюдяных руд получают два конечных продукта: концентрат, называемый забойным сырцом, в котором содержится слюда в виде кристаллов и отходы обогащения – хвосты, в которые переходит пустая порода. Слюда предварительно подвергают электрохимической обработке, затем мокрому центробежному измельчению, проходящему в присутствии реагентов-диспергаторов и мелющих тел из полимерного материала, грубая фракция возвращается на доизмельчение, а тонкая проходит стадийную классификацию в восходящем потоке в ламинарном режиме разделения до получения готового по крупности продукта [25].

Алюмоборосиликатное стекло с рядом дополнительных легкоплавких химических добавок, введенных в его состав, проходит стадию измельчения в струйной мельнице.

С целью утилизации промышленных отходов как стекольной промышленности, так и некондиционного слюдяного сырья было предложено следующее технологическое решение. Разработан вариант технологии производства более выгодного в экономическом отношении нагревателя, составной частью которого явилась стеклосвязка, полученная на основе отходов стекольного производства с введенными химическими добавками, и нихромовая составляющая электрического нагревателя.

Технологический процесс изготовления слюдокеромикального материала состоит из следующих операций:

1. Процесс изготовления состоит из следующих этапов: приготовление прессованного порошка, брикетирование, нагрев, горячее прессование, отжиг.

Прессованный порошок состоит из смеси молотой слюды мусковит с порошком стекла, взятым в соотношении 60% слюды и 40% стекла. Смешивание стекла со слюдой осуществляется в стержневой мельнице в течение часа, смесь увлажняется 10%  $H_2O$  и еще смешивается 40-45 минут, после чего смесь просеивают через сито с ячейкой 2x2 мм, затем смесь поступает на дозировку. Дозированная в зависимости от размера и толщины пластины масса подвергается брикетированию, то есть предварительной холодной прессовке под давлением 300-350 кг/см. Таким образом, получают брикеты, которые далее должны быть нагреты до температуры размягчения стекла для сплавления его со слюдой. Для этого полученный холодный брикет укладывают на специальный рельефный противень, предварительно припудренный молотой слюдой, и он поступает в верхний туннель электропечи на просушку и прогрев. Загрузка брикетами верхнего туннеля производится строго по времени. Передвижение брикетов происходит при отключении печи специальным движком. Всего в туннеле находится 15 брикетов. Когда первые брикеты оказываются на выходе первого туннеля, они последовательно переставляются вместе с противнями в средний туннель для дальнейшего нагрева.

2. Горячее прессование брикетов

По истечении времени нагрева в соответствии с установленным режимом нагретый брикет выдвигается из электропечи вместе с противнем на приемную площадку, с которой специальным стержнем брикеты сдвигаются на нижний пуансон, а противень остается на площадке и затем снимается с нее. Нижний и верхний пуансон находятся в подогретом состоянии до температуры 450-500°C. Горячее прессование ведется при помощи гидропроцессов и удельном давлении 500 кг/см. Время прессования брикетов равно одной минуте, время распрессования также принимается за 1 минуту.

После распрессовки пластина-брикет поступает в нижний туннель на отжиг. В нижнем туннеле одновременно находятся 15 пластин. Время отжига длится в соответствии с таблицей от 75 до 135 минут в зависимости от толщины пластины. После отжига в электропечи пластины поступают на дальнейший отпуск – медленное остывание. Остывшие пластины поступают на шлифование торцов и плоскостей.

На каждом из этапов обработки слюдокерамического электронагревательного элемента имеет место возникновение профессиональных рисков. Вредные и опасные производственные факторы способны реализоваться как при штатном режиме работы предприятия, так и при возникновении нештатной (аварийной) ситуации [26-30].

Это ряд механических, физических, химических опасных и вредных производственных факторов. Работники в процессе изготовления электронагревательного элемента подвергаются следующим опасностям: использование воды в процессе прессования брикетов, высокая температура поверхности обрабатываемых изделий, осколки обрезного композита, пыль от шлифования материалов, шумовое воздействие в процессе торцевания и полирования товарного изделия.

Современное производство слюдокерамических материалов характеризуется использованием в своей технологии оборудования с опасными технологическими параметрами: повышенная температура изделия, запыленность воздуха, вибрация обрезного оборудования, движущиеся части механизмов.

### Результаты и обсуждение

При изучении и анализе данных результатов специальной оценки условий труда работников слюдянитовой фабрики, а именно цехов прессовки, обжига и обработки готовых изделий, были выявлены профессии с высоким профессиональным риском.

Таковыми профессиями являются: крановщик башенного крана, машинист струйной мельницы, оператор туннельной печи, оператор пресса, резчик.

Проведена оценка профессиональных рисков профессий с наиболее высоким риском несколькими методами: определение индивидуального профессионального риска для работника, оценка профессиональных рисков на рабочем месте.

В результате оценки профессиональных рисков данными методами было выявлено, что каждый работник слюдокерамического производства вынужден работать в условиях рабочей среды, негативно влияющей на его здоровье. Специфической особенностью данного производства является повышенный шум, постоянное запыление, работа в агрессивной влажной среде.

С точки зрения безопасности, слюдокерамическое производство относится к опасным видам производств и несет за собой последствия влияния выполнения технологических операций на здоровье работающих. В данной работе на примере создания композиционного элемента на Нижнеудинской слюдянитовой фабрике проведена оценка профессиональных рисков, возникающих при создании электронагревателей.

Уровни вредных производственных факторов определяли на основе инструментальных измерений. Применяли средства измерения, которые прошли государственную поверку и по метрологическим данным аттестованы в установленном порядке.

От уровня шума определялась производительность труда рабочих в цехе по созданию слюдокерамического композита.

Как следует из данных, представленных в таблице, показатели уровня шума на всех

Таблица 1. Зависимость производительности труда от уровня шума

Table 1. Dependence of labor productivity on noise level

Профессия	Интенсивность шума, дБА	Производительность труда, %	Класс условий труда
крановщик башенного крана	75	80	3.1.
оператор туннельной печи	80	96	3.1.
машинист струйной мельницы	85	90	3.1.
оператор пресса	90	80	3.1.
резчик	95	70	3.1.

изученных рабочих местах превышают предельно допустимые уровни. Это свидетельствует о том, что класс условий труда по уровню шума на этих рабочих местах является вредным (класс 3.1). Влияние уровня шума оказывает негативное воздействие на рабочих, так как они находятся

в непосредственной близости к промышленному оборудованию по изготовлению композиционного материала [4].

Также на производительность труда оказывало влияние газопылевая атмосфера. Производственная пыль – достаточно распространенный опасный и вредный производственный фактор. Высокие концентрации характерны и для цеха по созданию слюдокерамического электронагревательного элемента. Пыль может оказывать на человека фиброгенное воздействие, при котором в легких происходит разрастание соединительных тканей, которое нарушает нормальное строение и функцию органа. Вред производственной пыли обусловлен ее способностью вызывать профессиональные заболевания легких, в первую очередь пневмокониозы. Для устранения вредных воздействий выбросов пыли в процессе изготовления материала на работников цеха были проведены следующие профилактические мероприятия.

Противопоказаниями к приему на работу, связанную с воздействием кремнийсодержащей

Таблица 2. Профилактические мероприятия для устранения вредных воздействий выбросов  
Table 2. Preventive measures to eliminate harmful effects of emissions

Уменьшение вредности факторов на предприятии	Уменьшение количества на пути распространения пылевых выбросов	Уменьшение воздействия места приложения
1. Влажный способ обработки помещения	1. Сооружены специальные завесы	1. Очки
2. Автоматизация и механизация ручных процессов	2. Установлены экраны	2. Респираторы
3. Герметизация и укрытие оборудования, транспортных средств	3. Установлены дополнительные воздуховоды	3. Спецодежда
4. Вытяжная вентиляция	4. Фильтры	4. Противогазы

пыли, служат туберкулез легких, ряд заболеваний верхних дыхательных путей и бронхов, хронические заболевания переднего отрезка глаз, кожи, аллергические болезни. Обязательным является проведение периодических медицинских осмотров 2 раза в год или 1 раз в 2 года в зависимости от потенциальной опасности производства. В условиях промышленного производства на человека нередко воздействует пыль, которая может привести к тем или иным нарушениям в состоянии здоровья, к снижению работоспособности. Для предупреждения и устранения этого неблагоприятного воздействия и его последствия проводится изучение особенностей производственных процессов, оборудования и обрабатываемых материалов (сырье, вспомогательные, промежуточные, побочные продукты, отходы производства) с точки зрения их влияния на организм работающих; санитарных условий труда (метеорологические факторы, загрязнение воздуха пылью, шум, вибрация); характера и организации трудовых процессов, изменений физиологических функций в процессе работы [5]. Исследовалось состояние здоровья работающих (общая и профзаболеваемость), а также состояние и гигиеническая эффективность санитарно-технических устройств и установок (вентиляционных, осветительных), санитарно-бытового оборудования, средств индивидуальной защиты.

#### Выводы

Слюдокерамическая промышленность является одной из довольно опасных отраслей промышленности для работников, занятых в ней. Особенности технологического процесса, используемое оборудование, уровень механизации и автоматизации производства слюдяных изделий формируют комплекс неблагоприятных факторов производственной среды (вибрация, шум, повышенная запыленность). По данным литературного обзора следует отметить, что данное производство относится к категории опасных производственных объектов, в результате чего ежегодно увеличивается число людей, подвергающих себя профессиональному, аварийному и экологическому риску. По этой причине актуальным явилось проведение оценки рисков нарушения здоровья работающих в слюдяном производстве с учетом состояния условий труда, оказывающих влияние на формирование профессиональных рисков, критериев промышленной безопасности, и разработка возможных мероприятий, направленных на

минимизацию рисков [5]. Чтобы руководство производственного предприятия не рисковало процессом работы, жизнью и здоровьем рабочих на предприятии, необходимо знать, вовремя обдумывать, ликвидировать, устранять все производственные риски.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гинзбург И. И. Слюда, ее свойства, применение и распространение в России. Петроград: 1-я Государственная типография, 1919. 128 с.
2. Верхотуров М. И. [и др.]. Власть труда. 1927, 6 июля. Библиографический список экспедиции. Иркутск : Изд-во ИрГТУ.
3. Волобуев Г. Т. Центр слюдяного производства в Красноярском крае // Сибирский субэтнос: культура, традиции, ментальность: материалы V Всероссийской науч.- практ. интернет-конференции (ГОУ ВПО «Красноярский государственный педагогический университет им В.П. Астафьева, 15 января – 15 мая 2009 г.) [Электронный ресурс]. URL: <http://sibsubethnos.narod.ru/>.
4. Годы и люди Слюдяной Мамы : (История Мамско-Чуйской экспедиции). Алгоритмы геологического освоения Восточной Сибири на примере Мамских месторождений слюды-мусковита / М.И. Верхотуров [и др.] Иркутск : Изд-во ИрГТУ. 2011.
5. Никитин А. Н. Освоение Сибири в XVII в. М. : Просвещение, 1990. 143 с.
6. Петров В. П. Рассказы о трех необычных минералах. М. : Недра, 1978. 177 с.
7. ООО «Нижеудинская Слюдянитовая Фабрика» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://nmf.narod.ru>
8. Лашев Е. К. Слюда. М. : Промстройиздат, 1948, 296 с.
9. Основные виды опасных отходов. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://ecology-of.ru/wp-content/themes/sahifa\\_new\\_design/images/logo\\_new.png](http://ecology-of.ru/wp-content/themes/sahifa_new_design/images/logo_new.png).
10. Тимофеева С. С. Надежность технических систем и техногенный риск: учебн. пособие. Иркутск : Изд-во ИРНИТУ, 2015. Ч. 1. 141 с.
11. Федорова С. В. Исследование физико-химических реакций композиции слюда-стекло нового химического состава. Theoretical & Applied Science. 2015. № 4 (24). С. 108-112.
12. Тимофеева С.С. Методы и технологии оценки производственных рисков: практические работы для магистрантов по направлению 280700 «Техносферная безопасность». Иркутск : Изд-во ИрГТУ, 2014. 177 с.
14. Зисман А. Д. Адгезия жидкости и смачивание. Москва : Химия, 1974. С. 413.
15. Волков К. И., Загибалов П. Н., Мецник М. С. Свойства, добыча и переработка слюды. Вост.-Сиб. Изд-во, 1971. 350 с.
16. Лашев Е. К. Слюда. М. : Промстройиздат, 1948. 296 с.
17. Боброва Г. И., Мецник М. С., Суворов С. А., Тарабанов В. Н. Материалы и конструкции из слюды в машиностроении. СПб. : Изд-во ГТУ, 2001. 227 с.
18. Мецник М. С. Термические свойства кристаллов слюды. Иркутск, ИГУ, 1989, 184 с.
19. Бржезанский В. О. Исследование и разработка технологии слюдопластовой электроизоляционной бумаги и материалов на ее основе: Автореф. канд. дис. М. : 1970. С. 19.
20. Справочник по электротехническим материалам. Изд.2-е под ред. Корицкого Ю. В., Пасынкова А. В., Тареева Б. М. Т. 2. М. : Энергия, 1974. 615 с.
21. Нагревостойкая изоляция электротехнического оборудования. Тр. ВЭИ, вып. 82, под ред. Забыриной К. И. М., Энергия, 1976, 168 с.
22. Аснович Э. З., Колганова В. А. Высоконагревостойкая электрическая изоляция. М. : Энергоатомиздат, 1988. 264 с.
23. Архангельский В. М., Байбородин Б. А. Автоматическое устройство для сортировки полуочищенного флогопита. В кн.: Труды Иркутского политехнического института. Серия обогащения. Иркутск, 1969, вып. 46, с. 164-165.
24. Архангельский В. М., Байбородин Б. А. Исследование точности автоматической классификации полуочищенного флогопита по общей площади пластинок. В кн.: Обогащение и металлургия полезных ископаемых. Материалы конференции. Иркутск, 1970, с. 12-14.
25. Архангельский В. М., Байбородин Б. А., Щербакова Л. М. Пути повышения эффективности обогащения слюдяных руд. В кн.: Труды Иркутского политехнического института. Серия обогащения. Иркутск, 1969, вып. 46, с. 13-15.
26. Архангельский В. М., Дубенская Н. В. К вопросу о необходимости установления качественных признаков электротехнических слюд. В кн.: Труды Иркутского политехнического института. Серия обогащения. Иркутск, 1965, вып. 24, с. 72-75.
27. Архангельский В. М., Дубенский А. М. Исследование элементарных технологических схем обработки слюды. В кн.: Труды Иркутского политехнического института. Серия обогащения. Иркутск, 1965, вып. 24, с. 57-71.
28. Архангельский В. М., Нихтфинстер Л. К. Повреждаемость кристаллов слюды. В кн.: Труды Иркутского политехнического института. Серия обогащения. Иркутск, 1965, вып. 24, с. 97-102.
29. Архангельский В. М., Щербакова Л. М. К вопросу теоретического обоснования процесса обогащения слюды на колосниковых решетках вибрационных грохотов. В кн.: Труды Иркутского политехнического института. Серия обогащения. Иркутск, 1969, вып. 45, с. 16-19.
30. Байбородин Б. А. К вопросу о комплексном использовании слюдосодержащего сырья. В кн.: Безотходная технология переработки полезных ископаемых. Материалы Всесоюзной конференции. Челябинск, 1982, с. 110.
31. Байбородин Б. А., Борискина З. М., Малинович Г. И. Обогащение слюдяных руд. Иркутск : Изд-во Иркутского университета, 1982. 245 с.
32. Байбородин Б. А., Дубенский А. М., Архангельский В. М. Статистический анализ общей площади пластинок полуочищенного флогопита. В кн.: Труды Иркутского политехнического института. Серия обогащения. Иркутск : 1969.

Вып. 46, с.171-174.

33. Байборodin Б. А., Ежова Я. В., Щербаченко Л. А., Собенников Н. В., Соловьев М. В., Карнаков В. А. Влияние граничных пленок воды в кристалле слюды на технические показатели слюдопластов. Иркутск : Изд-во ИргТУ, 2002. 200 с.

34. Байборodin Б. А., Карнаков В. А., Собенников Н. В., Соловьев М. В., Тимиргалеева Ж. Г. Комплексная диэлектрическая проницаемость диспергированных слюд. СПбГТУ. 2002. №4. С. 134-137.

35. Jasinski S. M. Mica // 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> (дата обращения 12.01.2022)

36. D. A. Rickard, Noreen J. Evans, Bradley J. McDonald, Enej Catovic, Peter Spitalny Applications of advanced analytical and mass spectrometry techniques to the characterisation of micaceous lithium-bearing ores // Minerals Engineering. 2018. Vol. 116. P. 182-195. <https://doi.org/10.1016/j.mineng.2017.08.004>.

37. He Niu, Mariam Abdulkareem, Harisankar Sreenivasan, Anu M. Kantola, Jouni Havukainen, Mika Horttanainen, Ville-Veikko Telkki, Paivo Kinnunen, Mirja Illikainen Recycling mica and carbonate-rich mine tailings in alkali-activated composites: A synergy with metakaolin // Minerals Engineering. 2020. Vol 157. 106535.

38. He Niu, Paivo Kinnunen, Harisankar Sreenivasan, Elijah Adesanya, Mirja Illikainen Structural collapse in phlogopite mica-rich mine tailings induced by mechanochemical treatment and implications to alkali activation potential // Minerals Engineering. 2020. Vol. 151. 106331. <https://doi.org/10.1016/j.mineng.2020.106331>

39. Jasinski S. M. Mica // 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)

40. Jayashree Samantray, Amit Anand, Barsha Dash, Malay Kumar Ghosh, Ajaya Kumar Behera. Silicate minerals - Potential source of potash - A review // Minerals Engineering. Vol. 179. 2022. 107463. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.mineng.2022.107463>.

41. Zhytov, V & Shishelova, T. (2020). Perfection of technology for manufacture of heating units on the base of mica and glass. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 880. 012030. 10.1088/1757-899X/880/1/012030.

© 2023 Авторы. Эта статья доступна по лицензии Creative Commons «Attribution» («Атрибуция») 4.0 Всемирная (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Об авторах:

Федорова Светлана Валерьевна, доцент, Иркутский национальный исследовательский технический университет (664074, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83), e-mail: [fsta65@yandex.ru](mailto:fsta65@yandex.ru)

Заявленный вклад авторов:

Федорова Светлана Валерьевна – постановка исследовательской задачи, научный менеджмент, концептуализация исследования, выводы, обзор соответствующей литературы, сбор и анализ данных, написание текста.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

## Original article

### CREATION OF THE COMPOSITE ON THE BASIS OF MICA AND GLASS

Svetlana V. Fedorova

Irkutsk National Research Technical University

\*for correspondence: [fsta65@yandex.ru](mailto:fsta65@yandex.ru)



#### Article info

Received:

15 February 2023

Accepted for publication:

10 May 2023

#### Abstract.

The reserves of mica raw materials in the country are sufficient to cover all the needs of the industry, but the major part is represented by relatively fine mica, hence high-grade mica is imported in significant quantities. Processed small-sized mica goes to the production of electrical insulating materials. Mica is widely used in electrical insulation operating at elevated temperatures, and is also subjected to heating in preprocessing processes in the manufacture of their products. Over the past years, new mica deposits have been put into development, their applications have changed, and information on the structure and properties has improved. The rapidly growing expansion of the



Accepted:  
25 May 2023

Published:  
15 June 2023

**Keywords:** electrical insulating heating elements, glass, mica, industrial injuries, occupational risks

*applications of mica products requires an increase in the heat resistance of the materials while maintaining their good processability. In connection with the complex development of natural resources, the use of phlogopite mica and phlogopitic waste is of undeniable interest. The results of modern scientific research show that the heat resistance of phlogopite is 200° C higher than that of muscovite. This fact opens up the prospect of creating a more durable material. The article considers the working conditions at the enterprise for the creation of electrical insulating heating elements. A description of harmful and hazardous production factors affecting employees in the process of creating heat insulation elements, occupational risks and industrial injuries is given. The conclusion on the specific features of the technological process and on the equipment used was made, and the level of mechanization and automation of the production of mica products as a complex of adverse factors in the production environment was presented. The issues reviewed in the article were rarely raised previously and are little studied.*

**For citation:** Fedorova S.V. Creation of the composite on the basis of mica and glass. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*=Bulletin of the Kuzbass State Technical University. 2023; 2(156):101-110. (In Russ., abstract in Eng.). DOI: 10.26730/1999-4125-2023-2-101-110, EDN: WEPRHZ

#### REFERENCES

- Ginzburg I.I. Mica, its properties, application and distribution in Russia. Petrograd: 1st State Printing House; 1919. 128 p.
- Verkhoturov M.I. [et al.]. Irkutsk Labour power. 1927, July 6. Bibliographic list of the expedition. Publishing House of IrGTU.
- Volobuev G.T. Center for Mica Production in the Krasnoyarsk Territory//Siberian Subethnos: Culture, Traditions, Mentality: Materials of the V All-Russian Scientific Project. Internet conferences (SEI HPE "Krasnoyarsk State Pedagogical University named after V.P. Astafiev, January 15 - May 15, 2009) [Electronic resource]. URL: <http://sibsubethnos.narod.ru/>.
- The years and people of the Mica Mother: (The history of the Mamsko-Chuiskaya expedition). Algorithms of geological development of Eastern Siberia on the example of Offshore mica-muscovite deposits / M.I. Verkhoturov [et al.] Irkutsk : Publishing House of IrSTU. 2011.
- Nikitin A.N. Development of Siberia in the XVII century. M.: Enlightenment; 1990. 143 p.
- Nikitin A.N. Development of Siberia in the XVII century. M.: Enlightenment; 1990. 143 p.
- Petrov V.P. Stories about three unusual minerals. M.: Nedra; 1978. 177 p.
- Nizhneudinskaya Slyudyanitovaya Fabrika LLC [Electronic Resource]. Access mode: <http://nmf.narod.ru> Lashev E.K. Mica, M., Promstroyizdat, 1948, 296 p.
- Main types of hazardous waste. [Electronic Resource]. Access mode: [http://ecology-of.ru/wp-content/themes/sahifa\\_new\\_design/images/logo\\_new.png](http://ecology-of.ru/wp-content/themes/sahifa_new_design/images/logo_new.png).
- Timofeeva S.S. Reliability of technical systems and technogenic risk: training. allowance. Irkutsk: Publishing House of IRNITU; 2015.
- Fedorova S.V. Study of physicochemical reactions of mica-glass composition of new chemical composition. *Theoretical & Applied Science*. 2015; 4(24):108-112.
- Timofeeva S.S. Methods and technologies for assessing production risks: practical work for undergraduates in the field of 280700 "Technosphere safety." Irkutsk: Publishing House of IrGTU; 2014.
- Zisman A.D. Liquid adhesion and wetting. Moscow: Chemistry, 1974.
- Volkov K.I., Zagibalov P.N., Metsik M.S. Properties, extraction and processing of mica. East Sib. Publishing House, 1971, 350 p.
- Lashev E.K. Mica. M.: Promstroyizdat; 1948, 296 p.
- Bobrova G.I., Metsik M.S., Suvorov S.A., Tarabanov V.N. Materials and structures from mica in mechanical engineering. S-Pb.: Publishing House of GTU; 2001.
- Metsik M.S. Thermal properties of mica crystals. Irkutsk: ISU; 1989.
- Breshansky V.O. Research and development of technology of mica-plastic electrical insulating paper and materials based on it: Autoref. cand. dis., M.: 1970.
- Electrical Materials Handbook. Published in the 2nd ed. Yu.V. Koritsky, A.B. Pasynkova, B.M. Tareeva. M.: Energia; 1974.
- Heat-resistant insulation of electrical equipment. Tr. VEI issue 82, edited by K.I. Forgotten. M.: Energia; 1976.
- Asnovich E.Z., Kolganova V.A. High-heat-resistant electrical insulation. M.: Energoatomizdat; 1988.
- Arkhangelsky V.M., Bayborodin B.A. Automatic device for sorting semi-purified phlogopite. In book: Proceedings of the Irkutsk Polytechnic Institute. Enrichment series. Irkutsk, 1969, issue 46, p. 164-165.
- Arkhangelsky V.M., Bayborodin B.A. Study of the accuracy of automatic classification of semi-purified phlogopite by the total area of plates. In book: Mineral enrichment and metallurgy. Conference proceedings. Irkutsk, 1970, p. 12-14.
- Arkhangelsky V.M., Bayborodin B.A., Shcherbakova L.M. Ways to increase the efficiency of processing mica ores. In book: Proceedings of the Irkutsk Polytechnic Institute. Enrichment series. Irkutsk, 1969, issue 46, p. 13-15.
- Arkhangelsky V.M., Dubenskaya N.V. On the need to establish qualitative signs of electrical mica. In book: Proceedings of the Irkutsk Polytechnic Institute. Enrichment series. Irkutsk, 1965, issue 24, p. 72-75.
- Arkhangelsky V.M., Dubensky A.M. Research of elementary technological schemes for processing mica. In book: Proceedings of the Irkutsk Political Institute. Enrichment series. Irkutsk, 1965, issue 24, p. 57-71.

28. Arkhangelsky V.M., Nikhtfinster L.K. Crystal damage. In book: Proceedings of the Irkutsk Polytechnic Institute. Enrichment series. Irkutsk, 1965, issue 24, p. 97-102.
29. Arkhangelsky V.M., Shcherbakova L.M. To the question of theoretical justification of the process of mica enrichment on grate screens of vibration screens. In book: Proceedings of the Irkutsk Polytechnic Institute. Enrichment series. Irkutsk, 1969, issue 45, p. 16-19.
30. Bayborodin B.A. On the issue of integrated use of mica-containing raw materials. - In book: Waste-free technology for processing minerals. Materials of the All-Union Conference. Chelyabinsk, 1982, p.110.
31. Baiborodin B.A., Boriskina Z.M., Malinovich G.I., Mica Ore Enrichment. Irkutsk, Publishing House of Irkutsk University, 1982. 245 p.
32. Bayborodin B.A., Dubensky A.M., Arkhangelsky V.M. Statistical analysis of the total plate area of semi-purified phlogopite. In book: Proceedings of the Irkutsk Polytechnic Institute. Enrichment series. Irkutsk, 1969, issue 46, p. 171-174.
33. Baiborodin B.A., Yezhova Y.V., Shcherbachenko J.I.A., Sobennikov N.V., Soloviev M.V., Karnakov V.A. Influence of boundary films of water in mica crystal on technical indices of mica plastics. Irkutsk. Publishing House of IrGTU, 2002. 200 s.
34. Baiborodin B.A., Karnakov V.A., Sobennikov N.V., Soloviev M.V., Timirgaleeva Zh.G. Complex dielectric constant of dispersed mica. St. Petersburg State Technical University. No. 4-2002. Pp. 134-137.
35. Jasinski S.M. Mica. *Mining Engineering*. 2017; 69(7):72-73. URL: <https://www.csaglobal.com/wp-content/uploads/2019/07/Engineering-MiningIndustrial-Minerals-Review-2017.pdf> (дата обращения 12.01.2022)
36. D.A. Rickard, Noreen J. Evans, Bradley J. McDonald, Enej Catovic, Peter Spitalny Applications of advanced analytical and mass spectrometry techniques to the characterisation of micaceous lithium-bearing ores. *Minerals Engineering*. 2018; 116:182-195. <https://doi.org/10.1016/j.mineng.2017.08.004>.
37. He Niu, Mariam Abdulkareem, Harisankar Sreenivasan, Anu M. Kantola, Jouni Havukainen, Mika Horttanainen, Ville-Veikko Telkki, Paivo Kinnunen, Mirja Illikainen Recycling mica and carbonate-rich mine tailings in alkali-activated composites: A synergy with metakaolin. *Minerals Engineering*. 2020; 157:106535.
38. He Niu, Paivo Kinnunen, Harisankar Sreenivasan, Elijah Adesanya, Mirja Illikainen Structural collapse in phlogopite mica-rich mine tailings induced by mechanochemical treatment and implications to alkali activation potential. *Minerals Engineering*. 2020; 151:106331. <https://doi.org/10.1016/j.mineng.2020.106331>
39. Jasinski S.M. Mica. *Mining Engineering*. 2017; 69(7):72-73. URL: <https://www.csaglobal.com/wp-content/uploads/2019/07/Engineering-MiningIndustrial-Minerals-Review-2017.pdf> (Accessed 12.01.2022)
40. Jayashree Samantray, Amit Anand, Barsha Dash, Malay Kumar Ghosh, Ajaya Kumar Behera. Silicate minerals - Potential source of potash. A review. *Minerals Engineering*. 2022; 179:107463. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.mineng.2022.107463>.
41. Zhytov, V & Shishelova, T. (2020). Perfection of technology for manufacture of heating units on the base of mica and glass. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 880. 012030. 10.1088/1757-899X/880/1/012030.

© 2023 The Authors. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

*The authors declare no conflict of interest.*

*About the authors:*

Svetlana V. Fedorova, Associate Professor, Irkutsk National Research Technical University (664074, Russia, Irkutsk, Lermontova str., 83), e-mail: [fsta65@yandex.ru](mailto:fsta65@yandex.ru)

*Contribution of the authors:*

Svetlana V. Fedorova – formulation of a research task, scientific management, conceptualization of research, conclusions, review of relevant literature, data collection and analysis, writing text.

*All authors have read and approved the final manuscript.*

