

**Таблица 4**  
**Физические свойства основных минералов исследуемой пробы**

Минерал	Химическая формула	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Твердость по шкале Мооса	Удельная магнитная восприимчивость, $\chi \cdot 10^{-6}$ см <sup>3</sup> /г
Касситерит	SnO <sub>2</sub>	6,8–7,1	6–7	–0,3 до 2,3
Вольфрамит	(Fe,Mn)WO <sub>4</sub>	6,7–7,51	4,5–5,5	34,4–100
Арсенопирит	FeAsS	5,9–6,3	5,9–6,3	–1,6–10
Леллингит	FeAs <sub>2</sub>	7,0–7,4	7,0–7,4	0,6
Кварц	SiO <sub>2</sub>	2,5–2,8	7	–0,5
Топаз	Al <sub>2</sub> [SiO <sub>4</sub> ] [F,OH]	3,4–3,57	8	0,4
Флюорит	CaF <sub>2</sub>	3,1–3,6	4	–0,4
Турмалин	NaMg <sub>3</sub> Al <sub>6</sub> [Si <sub>6</sub> O <sub>18</sub> ](BO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> (OH) <sub>4</sub>	2,9–3,27	7–8	0,2–3
Халькозин	Cu <sub>2</sub> S	5,5–5,8	2,5–3	0,3–0,4
Борнит	Cu <sub>5</sub> FeS <sub>4</sub>	4,9–5,3	3	7,4
Халькопирит	CuFeS <sub>2</sub>	4,1–4,3	3–4	0,8–4,5

гравитационного их отделения от касситерита и требует дополнительных операций по очистки касситеритового концентрата.

Приведенные данные свидетельствуют о том, что более контрастным показателем физических свойств минералов, слагающих изучаемый материал проб руды, является показатель плотности. Касситерит и вольфрамит, которые являются ценными компонентами, имеют значительно более высокую степень контрастности гравитационных свойств, что может быть использовано при их первичной концентрации. Наряду с касситеритом и вольфрамитом в черновой гравикоцентрат будут извлекаться арсенопирит с леллингитом и сульфиды меди.

Для получения оловянного концентрата, соответствующего требованиям к сырью, минералы мышьяка и меди могут быть извлечены из чернового концентрата при помощи флотогравитации и флотации. Вольфрамит, который является попутным ценным компонентом руды, может быть извлечен с применением методов магнитной сепарации.

В результате проведения минералогических исследований можно сделать следующие выводы:

1. Исследованная проба руды является прожилково-вкрапленной оловянной вольфрам- и медьсодержащей и имеет достаточно сложный состав.

2. Изучаемая руда относится к касситерит-топазовому (грейзеновому) типу касситерит-кварцевой формации и характеризуется наличием сульфидов и силикатов.

3. Данная руда относится к типу средневкрапленных богатых руд.

4. При крупности измельчения менее 2 мм достигается практически полное раскрытие касситерита.

5. По классам крупности зерна касситерита распределяются практически равномерно.

6. В промпродуктах и хвостах гравитации потери олова могут быть связаны бедными сростками касситерита с породообразующими минералами и его включениями в кварце и топазе.

7. В сульфидных хвостах флотации потери олова могут быть связаны со сростками касситерита закрытого типа

с сульфидными минералами, а также с сульфидной формой олова — станнином.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Башлыкова, Т.В. Технологические аспекты рационального недропользования: роль технологической оценки в развитии и управлении минерально-сырьевой базой страны / Т.В. Башлыкова, Г.А. Пахомова, Б.С. Лагов, и др. / Науч.ред. Ю.С. Карабасов. — М.: МИСиС, 2005. — 576 с.
2. Дорошенко, И.В. Технологические свойства минералов: Справочник для технологов / И.В. Дорошенко, Т.В. Башлыкова. — М.: Изд. Теплоэнергетик, 2007. — 296 с.
3. Количественный минералогический анализ дробленых руд: Методические рекомендации № 19-М / НСОММИ. — М.: ВИМС, 1990. — 24с.
4. Оптико-минералогический анализ шлиховых и дробленых проб: Методические рекомендации № 162 / НСОММИ. — М.: ВИМС, 2012. — 23 с.
5. Оловянные руды: методические рекомендации по применению классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых. — М.: ФГУ ГКЗ, 2007.

© Коллектив авторов, 2018

Чикишева Татьяна Александровна // chikishevatyana@mail.ru  
Прокопьев Сергей Амперович // s.a.prok@gmail.com  
Прокопьев Евгений Сергеевич // prokopyeves@mail.ru  
Карпова Анастасия Георгиевна // stayse4ka16@mail.ru

УДК 624.144.8, 661.179, 549

**Глушко А.Н., Голосова Н.А., Ретивов В.М.**  
**(ФГУП «Институт химических реактивов и особо чистых химических веществ Национального исследовательского центра «Курчатовский институт»)**

#### **РАЗВИТИЕ СОВРЕМЕННОЙ БАЗЫ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ИННОВАЦИОННОГО СОДЕРЖАНИЯ ДОРОГ**

*Рассмотрены общие вопросы применения и контроля качества комбинированных противогололедных реагентов, содержащих фрикционную часть, указана необходимость совершенствования и разработки новых комбинированных противогололедных материалов на основе минералов различных типов. **Ключевые слова:** противогололедные материалы, мраморная крошка, фрикционные материалы.*

Glushko A.N., Golosova N.A., Retivov V.M. (Institute of Chemical Reagents and Highly Pure Chemical Substances of the National Research Center «Kurchatov Institute»)

#### **DEVELOPMENT OF THE MODERN BASE OF COMPOSITE MATERIALS INNOVATIVE CONTENT OF ROADS**

*The General issues of application and quality control of combined anti-icing reagents containing the friction part are considered, the need to improve and develop new combined anti-*

icing materials based on minerals of different types is indicated. **Keywords:** anti-icing materials, marble chips, friction materials.

Автомобильные дороги среди других подотраслей транспорта РФ (таблица) играют особую роль в решении важных политических и экономических задач, стоящих перед страной в настоящее время и определенных в Указе Президента РФ от 7 мая 2018 г. № 204:

1. Улучшение связанности субъектов РФ, преодоление территориальной разобщенности.

2. Оптимизация транспортоемкости валового внутреннего продукта.

3. Реализация транзитного потенциала, увеличение объема транспортных услуг.

Поскольку современные автомобильные дороги являются сложным инженерным сооружением, то состояние дорог в период эксплуатации напрямую зависит от применяемой технологии содержания. На выбор технологии содержания автодорог и, в конечном счете, на результат — качество автомобильного движения — оказывают влияние четыре основных группы факторов:

- природно-климатические условия;
- культура технологических операций;
- состояние автодорог;
- характеристика транспортной нагрузки.

Автомобильные дороги в Российской Федерации расположены в четырех дорожно-климатических зонах:

— районы легкой снегоборьбы (объем снегоприноса не превышает 50 м<sup>3</sup>/м);

— районы средней трудности снегоборьбы (объем снегоприноса не превышает 150 м<sup>3</sup>/м);

— районы трудной снегоборьбы (объем снегоприноса не превышает 250 м<sup>3</sup>/м);

— районы очень трудной снегоборьбы (объем снегоприноса достигает 400–600 м<sup>3</sup>/м).

Работы по борьбе с зимней скользкостью должны обеспечивать транспортно-эксплуатационное состояние дорог, удовлетворяющее действующим требованиям и соответствующее заданному уровню содержания. Для выполнения этих требований осуществляются профилактические и основные мероприятия. Цель профилактических мероприятий — не допустить образования зимней скользкости на дорожном покрытии или максимально снизить прочностные характеристики снежно-ледяных образований при их возникновении на покрытии, а также ослабить сцепление слоя

снежно-ледяных отложений с покрытием. Основные мероприятия нацелены на расплавление снежно-ледяных отложений или гололедных пленок, образовавшихся на дороге, и за счет этого повысить сцепные качества дорожных покрытий. Проведение основных мероприятий невозможно без применения противогололедных материалов и реагентов [3]. Противогололедные материалы делятся на несколько основных групп: химические, комбинированные химико-фрикционные и фрикционные. К фрикционной части ПГМ относятся песок, песчано-гравийная смесь, щебень и шлак. Вне зависимости от категории все противогололедные реагенты должны обладать следующими свойствами:

— низкая коррозионная активность по отношению к металлам и конструкциям из бетона;

— экологическая безопасность;

— отсутствие отрицательного влияния на кожу, резину, дорожное покрытие или зеленые насаждения;

— способность эффективно плавить снежно-ледяные отложения и снижать температуру замерзания воды;

— увеличивать коэффициент сцепления с дорогой до плавления снежно-ледяных отложений.

Фрикционные материалы, кроме решения задачи повышения коэффициента сцепления колес автомобиля с дорожной одеждой, должны также обладать следующими свойствами:

— низкой или средней прочностью (не вызывать абразивного износа эскалаторов и дверей общественного транспорта);

— низким содержанием пылевидных частиц;

— низкой токсичностью (отсутствие игловатых форм и отсутствие токсичных веществ).

Рассматривая достоинства и недостатки каждого фрикционного материала, необходимо отметить следующее.

Песосоляная смесь — это материал, в состав которого входит техническая соль (хлористый натрий) и природный песок (или строительный отсев). Оба компонента подбираются в определенном процентном соотношении. Как правило, пропорции составляют (в масс. %) 80 и 20 или 70 и 30. Меньшая доля приходится на соль. Материал используется для распределения на тротуарах, проезжей части, дворовых территориях, мостовых переходах, внутриквартальных проездах и т.д. Основное предназначение такой смеси — предупредить возможное появление ледяной корки, удалить снег

и лед. Композиция обладает рядом преимуществ, среди которых:

— низкая стоимость;

— простота приготовления и использования;

— доступность компонентов;

— является антигололедным материалом мгновенного действия;

— не имеет срока годности;

— не требует особых условий хранения.

**Сравнительная характеристика подотраслей транспорта РФ [1]**

Показатель Тип транспорта	Протяженность путей сообщения, тыс. км	Подвижной состав, тыс. шт.	Перевозка грузов, млн т	Перевозка пассажиров, млн чел.
Железнодорожный	86	393	1 382	993
Водный	101	91,3	—	—
Воздушный	639	6,2	1,2	66
Автомобильный	1 094	42 043	5 663	17 466

Однако использование пескосоляной смеси делает невыгодным тот факт, что материал обладает низкой плавящей способностью, и для эффективной работы его требуется значительное количество, что компенсирует низкую стоимость самого материала большими затратами на транспортировку. При этом после удаления снежно-ледяных отложений, скопившихся на дорогах, песок забивает водостоки, загрязняет и снижает плодородие почв на придорожной территории, загрязняет тротуары. Кроме того, активно способствует абразивному износу транспорта и влияет на здоровье населения из-за эффекта «пыльных бурь». Таким образом, необходимо затрачивать большие денежные средства на утилизацию использованного песка, очистку коммунальной инфраструктуры и ремедиацию почвы.

Гранитный щебень является природным антигололедным материалом, имеющим высокую степень абразивности. При этом его можно использовать повторно, собирая с наступлением теплой погоды с объектов, промывая водой и складывая до следующей зимы. Чаще всего его рассыпают на пешеходных дорожках и тротуарах. Гранитный щебень фракций 2–5 мм не удаляет лед и снежный накат, он служит как фрикционный материал, препятствующий скольжению. Это один из экологически чистых противогололедных материалов, рекомендуемый для применения, в т.ч. в Москве [5].

К преимуществам гранитного щебня относятся:

- экологичность;
- невысокая цена;
- простота использования;
- длительный срок годности.

Однако высокая прочность является недостатком данного материала для мегаполисов, поскольку способствует абразивному износу эскалаторов и дверей общественного транспорта, что является неприемлемым для фрикционной части противогололедных материалов. Мраморная крошка — эффективный фрикционный противогололедный материал и фрикционная часть в комбинированных химико-фрикционных ПГМ используется в качестве вспомогательного средства для борьбы с гололедицей на дорогах. Мраморная крошка получается в результате дробления мрамора (мрамор — это разновидность горной породы, образовавшаяся в процессе кристаллического преобразования доломита и известняка) и последующим рассевом продуктов дробления по фракциям. Мраморным щебнем называются продукты дробления с зернами крупностью свыше 5 мм. Щебень мраморный, имеющий зерновой состав менее 5 мм, принято называть мраморной крошкой. Мраморная крошка как противогололедный материал работает так же, как и гранитная крошка, но имеет эстетическое преимущество (белый цвет позволяет отлично «вписаться» в снежный пейзаж, оставаясь незаметной) и преимущество при оценке последствий в условиях мегаполиса (более низкая прочность позволяет не влиять отрицательно на объекты инфраструктуры). К тому же, теплоемкость мрамора выше, чем у гранита, что дает более быстрый результат в разрушении наледи.

Преимущества мраморной крошки:

- относится к природным материалам, не содержащим вредных примесей и не приносит вреда растениям и животным;
- обладает доступной стоимостью за счет того, что является отходом производства;
- удобна в использовании как самостоятельный противогололедный материал, поскольку его достаточно просто равномерно распределить по поверхности, где имеется наледь или гололед;
- не требует создания особых условий при транспортировке, поэтому может доставляться, как в мешках, так и навалом.

Естественно, даже самые лучшие материалы и реагенты, перед тем как попасть на улицы города должны пройти многоуровневый контроль качества, чтобы убедиться в их соответствии требованиям к противогололедным реагентам [7], установленным Распоряжением Правительства Москвы от 28 сентября 2011 г. N 05–14-650/1 «Об утверждении технологии зимней уборки проезжей части магистралей, улиц, проездов и площадей (объектов дорожного хозяйства г. Москвы) с применением противогололедных реагентов и гранитного щебня фракции 2–5 мм (на зимние периоды с 2010–2011 гг. и далее)» с изменениями по состоянию на 7 сентября 2017 г. [6]. Для этого проводятся испытания реагентов на соответствие по содержанию основных компонентов, экологическим показателям, превышение которых может негативно сказаться на экологии города, и технологическим — непосредственно влияющим на эффективность борьбы реагента с зимней скользкостью.

В НИЦ «Курчатовский институт»-ИРЕА функционирует Центр коллективного пользования научным оборудованием «Исследовательский научно-аналитический центр НИЦ «Курчатовский институт»-ИРЕА», в состав которого входит аккредитованная испытательная лаборатория «Реактив», где проводятся аналитические исследования противогололедных реагентов. Так, для фрикционных противогололедных материалов и фрикционной части комбинированных ПГР предусмотрены следующие виды испытаний [2–4]:

- определение гранулометрического состава;
- выделение нерастворимой части фрикционного материала;
- высушивание фрикционного материала (с изменением влажности);
- определение минералого-петрографического состава и характеристика данных частиц (проводятся совместно с Всероссийским научно-исследовательским институтом минерального сырья им. Н.М. Федоровского (ФГБУ «ВИМС»)).

Результаты проведенных исследований позволяют установить следующее:

- фактический минералого-петрографический состав материала;
- фактическую массовую долю пылевидных частиц;
- фактический размер и форму частиц;
- прочность.

Таким образом, исследования и испытания противогололедных реагентов являются важной задачей, необходимой для решения проблем эффективной борьбы с зимней скользкостью на автомобильных дорогах, и предотвращением проникновения на рынок контрафактной продукции, чье применение способно повлечь за собой риск не только транспортного коллапса, но и аварий с трагическими последствиями.

Безусловно, исследователям необходимо не только проводить научные контрольные мероприятия, но и разрабатывать новые рецептуры противогололедных реагентов, в том числе содержащих фрикционные компоненты на основе различных типов минералов и минерального сырья, повышая их качество, эффективность и экологическую безопасность — важнейшие составные части наступающего в мире VI технологического уклада.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Агеева, Л.И. Транспорт и связь в России. Статистический сборник. / Л.И. Агеева и др. — М.: Росстат, 2012. — 304 с.
2. Булатицкий, К.К. Применение современных аналитических методов для оценки экологического влияния противогололедных реагентов на объекты окружающей среды / К.К. Булатицкий и др. // Российский химический журнал. — 2014. — Т. LVIII. — № 1. — С. 65–72.
3. ГОСТ 33181-2014. Дороги автомобильные общего пользования. Требования к уровню зимнего содержания.
4. Глушко, А.Н. Разработка CALS-системы компьютерного менеджмента качества пропиточных составов для дорожных покрытий / А.Н. Глушко, А.М. Бессарабов // Изв. Московского государственного технического университета МАМИ. — 2013. — Т. 2. — № 3. — С. 91–94.
5. Гранит на асфальте: плюсы и минусы скандинавского опыта. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: //ntv.ru. URL: <http://www.ntv.ru/novosti/269360/>.
6. Об утверждении технологии зимней уборки проезжей части магистралей, улиц, проездов и площадей (объектов дорожного хозяйства г. Москвы) с применением противогололедных реагентов и гранитного щебня фракции 2–5 мм (на зимние периоды с 2010–2011 гг. и далее): Распоряжение Правительства Москвы от 28 сентября 2011 г. N 05-14-650/1 [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.teh-stroy.ru/uborka-snega.php>.
7. Требования к противогололедным материалам, утвержденные Распоряжением Минтранса России № ОС-548-р от 16.06.2003 г. — С. 6.

© Глушко А.Н., Голосова Н.А., Ретивов В.М., 2018

Глушко Андрей Николаевич // [ang@irea.org.ru](mailto:ang@irea.org.ru)  
Голосова Надежда Андреевна // [wanze@bk.ru](mailto:wanze@bk.ru)  
Ретивов Василий Михайлович // [vasilii\\_retivov@mail.ru](mailto:vasilii_retivov@mail.ru)

УДК: 550.847

Скамницкая Л.С.<sup>1</sup>, Раков Л.Т.<sup>2</sup>, Дубинчук В.Т.<sup>3</sup>,  
Бубнова Т.П.<sup>1</sup> (1 — Институт геологии КарНЦ РАН,  
Петрозаводск, 2 — ИГЕМ РАН, 3 — ФГБУ «ВИМС»)

#### МЕТОД ОПЕРЕЖАЮЩЕЙ ДИАГНОСТИКИ ОБОГАТИМОСТИ КВАРЦА

Разработан новый метод диагностики обогатимости кварцевого сырья, включающий в себя определение исходного содержания в кварце изоморфных примесей методом ЭПР и оценку возможностей внедрения рассеянных примесей в кристаллическую структуру минерала при тех-

нологическом переделе. Для получения кварцевых концентратов с минимальными содержаниями изоморфных примесей предлагается подвергать их воздействию СВЧ-излучения. Метод дает возможность установить предел обогатимости кварцевого сырья и определить основные режимы его обогащения. **Ключевые слова:** кварц, изоморфные примеси, метод ЭПР, обогащение кварца.

Skamnitckaya L.S.<sup>1</sup>, Rakov L.T.<sup>2</sup>, Dubinchuk V.T.<sup>3</sup>, Bubnova T.P.<sup>1</sup>  
(1 — Institute of Geology, Karelian Research Centre, RAS, 2 — IGEM RAS, 3 — VIMS)

#### DIAGNOSTIC METHOD OF QUARTZ ENRICHMENT

*New diagnostic method of enrichment of quartz raw materials, including the definition of the initial content in quartz is isomorphous impurities and assessment of possibilities for introduction of trace impurities in the crystalline structure of the mineral technology redistribution was developed. Expose quartz concentrates to microwave radiation was proposed for receiving product with a minimum content of isomorphous impurities. The method can be used for definition of a limit of enrichment of quartz raw materials and finding of the main modes of technological processing. **Keywords:** quartz, impurities, method EPR, enrichment of quartz.*

Особо чистый кварц является кварцевым сырьем, пригодным для получения различными технологиями обогащения высококачественных концентратов, отвечающих современным требованиям к чистоте, предъявляемым отечественной промышленностью и соответствующих мировому уровню. Рост потребления особо чистого кварца обусловлен развитием высоких технологий в электронной, химической, космической и других отраслях промышленности. Направления использования кварца определяются формой вхождения различных примесей. Современные технологии позволяют практически полностью удалять пленочные, минеральные и ГЖВ примеси. Однако получение высококачественных кварцевых концентратов в значительной степени определяется возможностью удаления из кварца в процессе его обогащения целого ряда структурных (изоморфных) примесей.

Наиболее распространенными структурными примесями в кварце являются атомы Al, Ti, Ge и др., изоморфно замещающие в кристаллической решетке минерала атомы кремния. Образование изоморфных примесей связано с процессами кристаллизации и последующей динамической рекристаллизации кварца в природе. Отличительная особенность изоморфных примесей заключается в том, что их практически невозможно удалить способами традиционных технологий обогащения кварца. При этом наличие примесных атомов в кварце в виде изоморфных примесей или в составе более сложных структурных дефектов влияет на оптические свойства, растворимость, температуру плавления и другие физико-химические свойства минерала, которые, в конечном итоге, обуславливают технологичность и специализацию кварцевого сырья.