

ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВА И ВОЗМОЖНОСТИ РЕЦИКЛИНГА ГИПСОСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА ХРУСТАЛЯ

А. Н. Хотько, А. А. Касач, С. С. Гавриченкова

Филиал УО БГТУ БГКПСМ, г. Минск, Беларусь

Email: kasach2018@bk.ru

Аннотация. Методами сканирующей электронной микроскопии, а также рентгенофазового установлен элементный и фазовый состав твердых продуктов нейтрализации отработанных растворов химической полировки хрусталя. Показано, что обрезавшиеся твёрдые отходы представляют собой смесь полуводного и двуводного сульфата кальция с незначительными примесями железа, меди и свинца. Проведена оценка возможности использования образующихся отходов в изготовлении строительных материалов, а также в качестве материала для основания дорог.

Ключевые слова: отходы, рециклинг, сульфат кальция, строительные материалы

Введение. В настоящее время роль взаимодействия промышленных предприятий с окружающей средой является ключевым фактором устойчивого экономического роста. Ввиду появления и развития обществом потребления, а также интенсивного темпа роста промышленности, наблюдается существенное увеличение накопления отходов производства в окружающей среде. Техногенное загрязнение окружающей среды приводит к постепенному увеличению их экологического контроля. Кроме того, из-за растущего населения мира и особенно сильного роста среднего класса ожидается, что спрос на природные ресурсы будет быстро расти. При этом возникает не только проблема загрязнения окружающей среды, но и проблема глобальной нехватки ресурсов. Эти обстоятельства вынуждают обрабатывающую промышленность одновременно справляться с давлением экологических норм, проблемами волатильности цен на ресурсы и рисками, связанными с поставками ресурсов. Поэтому перед обществом стоят задачи, связанные с сохранением природных ресурсов, в том числе за счёт повторного использования (рециклинга) всех без исключения полезных веществ, входящих в состав отходов [1–4].

Производство хрустальных изделий с накладом хорошо освоено стекольной отраслью в Республики Беларусь. Одной из операций изготовления изделий из хрусталя является операция химической полировки. Для химической полировки хрусталя на отечественных предприятиях используются растворы на основе серной и плавиковой кислот. В ходе нейтрализации известью отработанных растворов травления образуется большое количество шлама, который может быть подвергнут рециклингу.

Цель работы состояла в изучении химического состава образующихся отходов процесса травления хрусталя, а также в оценке возможности их рециклинга.

Материалы и методы. Объектом исследования служил шлам, образующийся при нейтрализации отработанного раствора полировки хрусталя. Отобранные пробы отходов подвергали сушке при температуре 60°C в течение 6 ч. Изучение микроструктуры и количественного состава отходов использовали сканирующий электронный микроскопы JSM-5610 LV (Jeol Ltd.), оснащенный модулем химического рентгеноспектрального анализа и JED-2201 (Jeol Ltd.). Рентгенофазовый анализ (РФА) исследуемых покрытий проводили на дифрактометре Discover D8 (Bruker).

Результаты исследований. Гравиметрическим способом установлено, что влажность образующихся отходов составляет 40–50%. На рисунке представлена микрофотография высушенного шлама, образующегося при нейтрализации растворов химической полировки хрусталя.

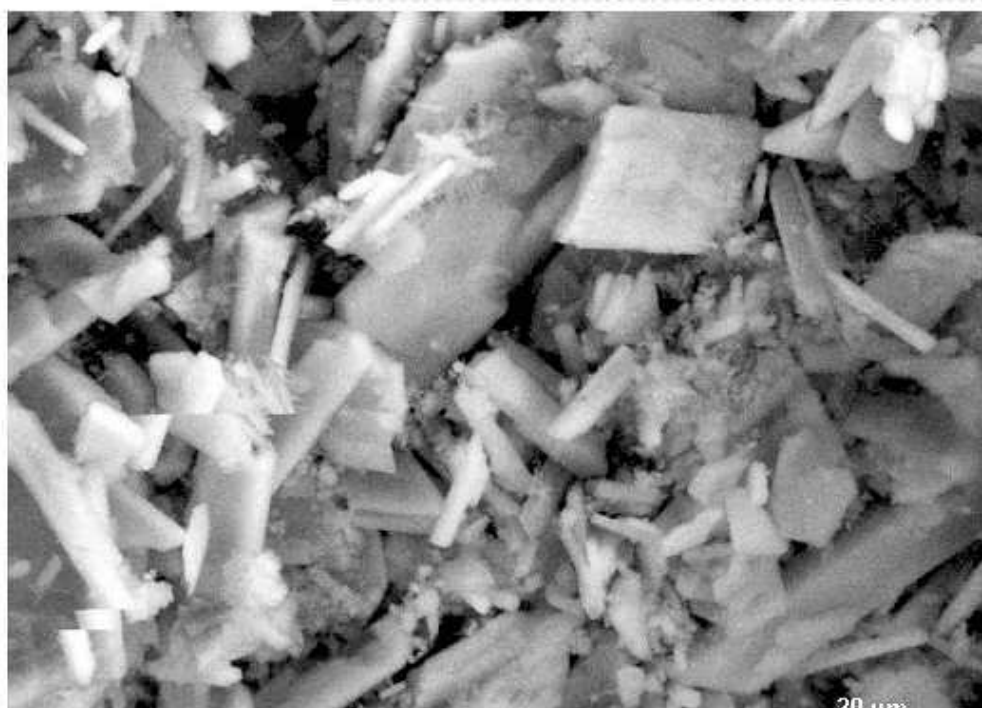


Рисунок – СЭМ изображение полученных отходов производства

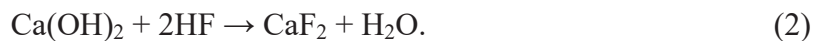
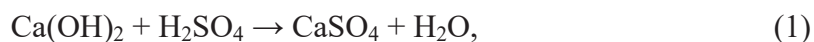
Согласно рисунку, микроструктура высушенного шлама представлена игольчатыми и пластинчатыми кристаллами в разных соотношениях. Длина отдельных частиц варьируется от 5 до 40 мкм. В таблице представлены результаты элементного анализа образца отходов.

Таблица

Элементный состав образующихся отходов производства

Содержание элемента, мас.%								
O	C	Ca	S	F	Si	Pb	Cu	Fe
52.3	8.41	25.92	12.35	2.65	0.56	0.86	0.21	0.15

Согласно данным таблицы, в состав шлама входят преимущественно O, Ca, S. Это вызвано тем, что нейтрализацию отработанных растворов химической полировки производят известью. В результате такого взаимодействия могут образовываться нерастворимые соли кальция (CaSO_4 , CaF_2):



Содержание F и S вызвано образованием CaSO_4 , CaF_2 . Необходимо отметить, что в шламе присутствует незначительная примесь Pb. В состав хрусталя может входить до 13–23 % PbO . Поэтому при полировке хрусталя незначительная часть соединений Pb может переходить в раствор, после чего в шлам нейтрализации. Примеси железа и меди могли попасть к отходам во время захоронения в накопителе.

Методами рентгенофазового анализа установлено, что высушенные продукты нейтрализации полировочных растворов хрусталя являются смесью полуводного (бассанит) и двухводного (гипс) сульфата кальция.

Гидратные формы сульфата кальция используются в качестве наполнителя в бумаге, осушителя, укрепляющего агента в пищевых продуктах, а также для изготовления строительных материалов и дорог [5]. В большинстве случаев техногенный сульфат кальция используется в качестве добавки к портландцементу. Портландцемент – это вяжущее вещество, изготавливаемое путём совместного помола цементного клинкера, гипса и специальных упрочняющих добавок. Для изготовления портландцемента используется двухводный сульфат кальция, содержание которого достигает до 5%. В 2023 году Белорусская цементная компания добилась рекордных показателей по производству цемента. Предприятиями холдинга изготовлено более 5 млн тонн цемента. Химический и фазовый состав твердых отходов нейтрализации растворов полировки позволяет использовать их в качестве добавок при производстве портландцемента. Высокая производительность белорусских цементных заводов может позволить быстро решить проблему накопления отходов производства хрусталя и несколько снизить количество природного гипса, используемого в производстве цемента. Т.к. в составе техногенного гипса содержатся незначительные примеси свинца, то для снижения его негативного экологического воздействия, эти отходы могут использоваться совместно с природным гипсом. Это решение позволит существенно снизить содержание свинца до экологических норм в изготавливаемых цементах.

В статье [2], предлагается использовать фосфогипс-дигидрат в качестве компонента дорожного асфальтобетона – минерального порошка. Это решение предлагается для рециклинга фосфогипса, образующегося в производстве фосфорной кислоты. Содержание техногенного гипса в асфальтобетонных смесях может достигать до 4%. Устройство монолитных слоев из фосфогипса является эффективным направлением в изготовлении дорожных одежд, взамен кондиционных дорожных каменных материалов. При устройстве слоев основания из фосфогипса попадание атмосферной воды в земляное полотно с поверхности дорожной

одежды не происходит. Поэтому, влажность грунта рабочего слоя земляного полотна будет намного ниже, чем при устройстве оснований из классических материалов на дренирующем слое из песка. Высушенные твердые отходы нейтрализации полировочных растворов хрустали содержат достаточно большое количество гидратных форм сульфата кальция, которые характеризуются низким количеством примесей, что обуславливает возможность их использования в дорожно-строительной отрасли.

Необходимо отметить, что рассматриваемый техногенный гипс содержит большое количество влаги, поэтому его необходимо подвергать сушке. Зачастую, для варки стекла, в качестве источника тепла используется природный газ. При сгорании газа образуется большое количество топочных газов, тепло которых можно использовать для сушки техногенного гипса, с целью последующего его использования в различных приложениях.

Выводы и предложения. Высушенные твердые отходы нейтрализации полировочных растворов хрустали могут использоваться для изготовления гипсовых вяжущих, портландцемента, асфальтобетонных смесей, а также в качестве материала для основания дорог, что позволит решить проблему накопления твердых отходов производства изделий из хрустали.

Список литературы

1. Jiménez-Rivero, A., García-Navarro J. Best practices for the management of end-of-life gypsum in a circular economy / A. Jiménez-Rivero, J. García-Navarro // *Journal of Cleaner Production*. – 2017. – Vol. 167. – P. 1335-1344.
2. Guerra, B. C. Circular economy in the construction industry: An overview of United States stakeholders' awareness, major challenges, and enablers / B. C. Guerra, F. Leite // *Resources, conservation and recycling*. – 2021. – Vol. 170. – P. 105617.
3. Munaro, M. R. Towards circular and more sustainable buildings: A systematic literature review on the circular economy in the built environment / M. R. Munaro, S. F. Tavares, L. Bragança // *Journal of cleaner production*. – 2020. – Vol. 260 – P. 121134.
4. Gallego-Schmid, A. Links between circular economy and climate change mitigation in the built environment / A. Gallego-Schmid // *Journal of Cleaner Production*. – 2020. – Vol. 260. – P. 121115.
5. Ковалев, Я. Н. Применение фосфогипса в дорожном строительстве / Я. Н. Ковалев, Я. Н. Яглов, Т.А Чистова, В. В. Гиринский // *Наука и техника*. – 2021. – №. 6. – С. 493-498.

STUDY OF THE COMPOSITION AND POSSIBILITIES OF RECYCLING GYPSUM-CONTAINING WASTE FROM CRYSTAL PRODUCTION

Khatsko A. N., Kasach A. A., Haurychenkava S. S.

Branch of the educational institution «Belarusian State Technological University»

Belarusian State College of Construction Materials Industry, Belarus

Email: kasach2018@bk.ru

Abstract. The elemental and phase composition of solid products of neutralization of spent solutions of chemical polishing of crystal was established by methods of scanning electron microscopy and X-ray phase analysis. It was shown that

the cut solid waste is a mixture of semi-aqueous and dihydrate calcium sulfate with minor impurities of iron, copper and lead. An assessment was made of the possibility of using the resulting waste in the manufacture of building materials, as well as a material for the foundation of roads.

Key words: waste, recycling, calcium sulfate, building materials

References

1. Jiménez-Rivero, A., García-Navarro J. Best practices for the management of end-of-life gypsum in a circular economy / A. Jiménez-Rivero, J. García-Navarro // Journal of Cleaner Production. – 2017. – Vol. 167. – P. 1335-1344.
2. Guerra, B. C. Circular economy in the construction industry: An overview of United States stakeholders' awareness, major challenges, and enablers / B. C. Guerra, F. Leite // Resources, conservation and recycling. – 2021. – Vol. 170. – P. 105617.
3. Munaro, M. R. Towards circular and more sustainable buildings: A systematic literature review on the circular economy in the built environment / M. R. Munaro, S. F. Tavares, L. Bragança // Journal of cleaner production. – 2020. – Vol. 260 – P. 121134.
4. Gallego-Schmid, A. Links between circular economy and climate change mitigation in the built environment / A. Gallego-Schmid // Journal of Cleaner Production. – 2020. – Vol. 260. – P. 121115.
5. Kovalev Ya.N. Application of Phosphogypsum in Road Construction / Ya.N. Kovalev, V.N. Yaglov, T.A. Chistova, V.V. Girinsky // Science & Technique. – 2021. – Vol. 6. – P. 493–498.

УДК 631.471/472(470.53)

ВЕБ-КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА КИШЕРТСКОГО РАЙОНА ПЕРМСКОГО КРАЯ

А.Н. Чашин, М.Г. Субботина

ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ, Пермь, Россия

Email: chascshin@mail.ru, subbotina@mail.ru

Аннотация. В статье описывается разработка клиентской части картографического приложения показателей плодородия почв на основе технологии интернет-картографирования. Целью исследования является разработка типовой веб-карты для представления результатов почвенных обследований.

Ключевые слова: Веб-ГИС технологии, векторизация, атрибуты карты, гео-портал.

Введение. Возрастающий спрос на почвенно-картографическую информацию в среднем масштабе связан с ее представительностью при проведении земельного кадастра и экологической экспертизе [1]. В связи с этим повышение доступности почвенных в электроном виде на основе использования современных цифровых технологий лежит в основе принятия управленческих решений. Геоинформационные системы почвенного покрова представляют собой картографические базы данных типов, состава и свойств почв определенной территории. Для представления этой информации в открытом доступе с возможностью интерактивного просмотра применяются Веб-ГИС технологии [2].