

В. А. Горбунова
V. A. Gorbunova
vgveragorbunova@mail.ru
Л. М. Слепнева
L. M. Slepneva
slpnev@mail.ru
А. О. Черная
A. O. Chernaya

Белорусский национальный технический университет, г. Минск
Belarusian National Technical University, Minsk

**ПОЛУЧЕНИЕ СОРБЕНТА НА ОСНОВЕ СИЛИКАТА КАЛЬЦИЯ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ
OBTAINING OF THE CALCIUM SILICATE-BASED ADSORBENT
WITH USE OF TECHNOGENIC WASTE**

Аннотация: Выполнен синтез гранулированного сорбента на основе силиката кальция из отхода техногенного происхождения, такого как карбонатный шлам водоподготовки и мелкодисперсного (менее 20 мкм) гранитного отсева. Проведена оценка его сорбционной способности по отношению к ионам Cu^{2+} из модельных водных растворов сульфата меди. В результате найдено, что частицы сорбента дисперсностью менее 1 мм имеют статическую сорбционную емкость равную 9,6 мг/г, а размером 1–5 мм – емкость 4,0 мг/г.

Ключевые слова: техногенные отходы, сорбент, силикат кальция, ионы меди, сорбционная емкость.

Abstract: The synthesis of granular sorbent based on the calcium silicate was carried out from the technogenic/industrial waste, such as carbonate sludge of water treatment plants and fine (lower than 20 mm) granite sifting residues. Its adsorption capability for the Cu^{2+} ions from the model aqueous solutions of copper sulfate was measured. As a result it was found that sorbent particles of the fraction lower than 1 mm have such static sorption capability as 9.6 mg/g, and the fraction of 1–5 mm – the capability of 4.0 mg/g.

Key words: technogenic/industrial waste, adsorbent, calcium silicate, copper ions, adsorption capability.

Источниками загрязнения гидросферы тяжелыми металлами (ТМ) являются химическая промышленность, машиностроительные и приборостроительные, а также металлургические предприятия. Очистка сточных вод этих предприятий от ионов тяжелых металлов осуществляется чаще реагентными методами (осаждение ТМ в виде малорастворимых гидроксидов) и, как правило, не удается снизить концентрации загрязняющих ионов до нормативных значений. Для достижения приемлемой глубины

очистки сточных вод дополнительно используются различные сорбционные методы. Экономическая эффективность сорбционных процессов напрямую зависит от применения качественных недорогих сорбентов. Разработка недорогих минеральных сорбционных материалов, в том числе комбинированных, изучение механизмов сорбции, путей утилизации отработанных сорбентов является актуальной научно-практической задачей. Перспективным направлением в данной области является получение сорбентов на основе дешевого доступного природного или техногенного сырья, в том числе использование промышленных и сельскохозяйственных отходов. Накопленные разнообразные отходы производства являются фактически вторичной ресурсной базой и многие из них уже используются для получения сорбционных материалов, в том числе композиционных с широким спектром возможностей. Изучение химического состава отходов, способов их переработки, целевой комбинации и модификации извлеченных компонентов, позволит разработать технологии получения эффективных недорогих сорбентов различного назначения, а также снизить экологическую нагрузку на окружающую среду. Среди минеральных сорбентов, используемых для очистки сточных вод от ионов ТМ особую группу представляют различные силикаты, гидросиликаты кальция, как природные, так и синтетические. Отходы промышленности, содержащие SiO_2 и CaO в достаточном количестве, могут использоваться в качестве сырья для синтеза силиката кальция. В качестве кальцийсодержащего сырья возможно использование фосфогипса, борогипса, известковых отходов сахарного производства, карбонатные шламы и др., в качестве кремнийсодержащего – бой стекла, отходы производства белой сажи, различные золы, доменные шлаки и др. [1, с. 27–28]. Минералогический, химический, гранулометрический состав кальций-силикатных отходов определяет технологию его переработки с целью получения недорого сорбционного материала требуемого качества.

Нами изучалась возможность получения силиката кальция из мелкодисперсного (менее 20 мкм) карбонатного шлама водоподготовки ТЭЦ (основной компонент CaCO_3 – 75–80%, влажность шлама – 1,5%) и мелкодисперсного (менее 20 мкм) гранитного отсева (основные компоненты SiO_2 – 60–62%, Al_2O_3 – 10–15%, Fe_2O_3 – 10–15%). Предварительно на базе программы термодинамического моделирования ТЕРРА [2], оценили возможность твердофазного образования CaSiO_3 в данной системе. Термодинамический расчет проводился для смеси карбонатный шлам/гранитный отсев 1:1 по массе в температурном диапазоне 300–1000 К. Было показано, что, начиная с 500–550 К, в системе образуется силикат кальция, его массовая доля составляет около 70%. Кроме этого, с 500 К начинает выделяться CO_2 , что при подборе оптимальных режимов термообработки смеси будет способствовать получению пористого сорбционного материала. Сорбент получали по следующей технологии:

смешанные по массе 1:1 карбонатный шлам и гранитный отсев тщательно перетерали в ступке до получения однородной по цвету смеси, в качестве вяжущего использовали жидкое стекло в количестве 2–3% от перетертой массы. Окачивание в гранулы проводили вручную непосредственно в ступке. Полученный гранулированный материал сушили в течение суток на воздухе и затем прокаливали при 700°C в муфельной печи в течение часа. Термообработанную смесь гранул разделили на две фракции: первая – менее 1 мм и вторая – 1–5 мм. Далее на модельном растворе CuSO₄ с концентрацией меди 300 мг/л изучали в статических условиях сорбционную способность различных фракций полученного гранулированного сорбента по отношению к Cu²⁺. Навески сорбента заливались модельным раствором в соотношении 1:100 и оставлялись на сутки с периодическим перемешиванием. Через 24 часа раствор отфильтровывали и определяли концентрацию Cu²⁺ йодометрическим методом, рассчитывали статическую сорбционную емкость. Сорбент дисперсностью менее 1 мм показал лучшую статическую сорбционную емкость – 9,6 мг/г. При этом на поверхности гранул сорбента образовался достаточно плотный слой, содержащий медь, преимущественно в виде гидрокарбоната. Крупный сорбент (гранулы 1–5 мм) имел статическую сорбционную емкость по Cu²⁺ – 4мг/г, адсорбированный на поверхности слой был рыхлым, легко удалялся водой и представлял собой в основном гидроксид меди. По-видимому, сорбция меди происходит путем связывания Cu²⁺ анионами OH⁻ (образуются в результате гидролиза силиката кальция и возможно других силикатов), а также CO₃²⁻, которые присутствуют на поверхности образца сорбента, в малорастворимые гидроксид и гидрокарбонат меди.

Список литературы

1. Акатьева Л. Н. Развитие химико-технологических основ процессов переработки сырья для получения силикатов кальция и композиционных материалов : диссертация ... кандидата технических наук : 05.17.11. М., 2014. 329 с.
2. Plasma Technologies for Solid Fuels: Experiment and Theory / M. Gorokhovski, E. I. Karpenko, F. C. Lockwood, V. E. Messerle, B. G. Trusov, A. B. Ustimenko // Journal of the Energy Institute. 2005. Vol. 78, iss. 4. P. 157–171. <https://doi.org/10.1179/174602205x68261>.