

Литература

1. Гаврильчик А.П., Лис Л.С., Унукович А.В., Макаренко Т.И. Оценка экономической эффективности комплексного освоения торфяных ресурсов // *Новости науки и технологии*. 2011. № 2. С. 28–33.
2. Томсон А.Э., Наумова Г.В. Торф и продукты его переработки.– Минск, 2009.
3. Томсон А.Э., Соколова Н.Е., Соколова Т.В. и др. Физико-химические и структурные свойства композиционных сорбционных материалов на основе торфа и минеральных составляющих // *Природопользование*. 2004. Выпуск 10. С. 157–170.
4. Торфяные месторождения Республики Беларусь, пригодные для комплексного освоения на ближайшую и отдаленную перспективу.– Минск: «Беларуская навука», 2013. – с. 114.
5. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий.– Москва: «Наука», 1976.

УДК 544.726.2; 621.039.735

**Москальчук Л.Н., Леонтьева Т.Г.,
Баклай А.А., Маковская Н.А.**

(УО «Белорусский государственный технологический университет», Научное учреждение «ОИЭЯИ – Сосны», г. Минск)

НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫЕ АЛЮМОСИЛИКАТНЫЕ СОРБЕНТЫ РАДИОНУКЛИДОВ НА ОСНОВЕ ГЛИНИСТО-СОЛЕВЫХ ШЛАМОВ ДЛЯ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Для извлечения радионуклидов из водных сред проводится поиск, разработка новых и модификация используемых на практике сорбционных материалов, что связано с увеличением радиоактивных загрязнений окружающей среды в результате крупных радиационных аварий на Чернобыльской АЭС и АЭС «Фукусима-Даичи-1». Для очистки водных сред от радионуклидов наиболее часто применяются методы, основанные на соосаждении и сорбции. В процессах очистки водных сред от радиоактивных загрязнений зачастую используются природные алюмосиликаты (цеолиты, глины и т. д.) [1]. Слоистые глинистые минералы очень сильно различаются своими сорбционными свойствами. Наиболее высокими обменно-адсорбционными свойствами обладают высокодисперсные глинистые минералы с размером частиц менее 1 мкм.

В результате ранее проведенных исследований [2, 3] установлено, что глинисто-солевые шламы являются вторичным минеральным ресурсом для получения сорбентов радионуклидов. Глинисто-солевые шламы (ГСШ) – крупнотоннажные отходы калийного производства ОАО «Беларуськалий» (г. Солигорск), образующиеся в процессе переработки запасов сильвинитовой руды. В настоящее время объем накопленных в шламохранилищах данного предприятия ГСШ превышает 119 млн. тонн. Основным минералом, входящим в состав глинисто-солевых шламов [2], является иллит, который и определяет высокую селективную сорбцию ^{137}Cs .

Цель данной работы – оценка эффективности извлечения радиоцезия из водных сред алюмосиликатным сорбентом, полученным на основе промышленных отходов ОАО «Беларуськалий».

В исследованиях использовался образец алюмосиликатного сорбента (АС), полученный из глинисто-солевого шлама, отобранного из шламохранилища 3-го рудоуправления ОАО «Беларуськалий», путем кислотно-водной обработки. Кислотная модификация образца ГСШ направлена на увеличение числа высокоселективных сорбционных центров в АС в основном за счет повышения содержания иллита и снижения содержания доломита, так как именно иллит определяет селективную сорбцию следовых количеств цезия в краевой клиновидной области межпакетных пространств его кристаллической решетки.

Исследование физико-химических свойств полученного образца АС показало, что значение рН водной вытяжки составляет 5.4, емкость катионного обмена – 300 ± 20 мэкв/кг, удельная поверхность – 66 ± 3 м²/г. Согласно данным рентгенофазового анализа образец АС содержит в своем составе иллит, калиевый полевой шпат и кварц в количестве 65.2, 27.8 и 8.0 мас. % соответственно. По данным гранулометрического анализа содержание фракции с размером менее 10 мкм в образце АС составляет 87.3 мас. %, что позволяет отнести данный сорбент к высокодисперсной группе глинистых материалов.

Изучение скорости сорбционного процесса ^{137}Cs (рисунок 1) показало, что наиболее быстро сорбция ^{137}Cs протекает в начальный период времени (30 мин), чему соответствует резкий подъем кривой. Затем темп резко снижается, и кривая выходит на уровень максимальной сорбции. Установлено, что эффективное время достижения максимальной степени сорбции ^{137}Cs ($S = 98.9$ %) не превышает 1 ч, после чего наступает равновесие и содержание ^{137}Cs в растворе не изменяется.



Рисунок 1 – Влияние времени на степень сорбции ^{137}Cs из водного раствора

Значение pH водного раствора является одним из важных параметров, влияющих на степень сорбции радионуклидов. Степень сорбции ^{137}Cs ($S, \%$) в диапазоне pH = 4–10 практически не изменяется (рисунок 2). Максимальная степень сорбции ^{137}Cs из водного раствора на образце АС наблюдается в диапазоне pH = 2.5–10.5 и составляет 98.8 %, а коэффициент распределения ^{137}Cs (K_d) в данном диапазоне равен $2 \cdot 10^4 \text{ см}^3/\text{г}$.

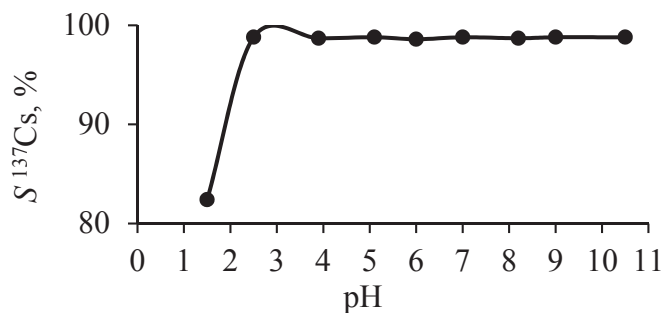


Рисунок 2 – Влияние pH раствора на степень сорбции ^{137}Cs образцом АС

Доза сорбента также является одним из важных параметров, который необходимо учитывать при выборе оптимальных условий сорбции радионуклидов, так как это влияет на стоимость процесса очистки водных сред. Для оценки эффективности извлечения ^{137}Cs из водных растворов исследована сорбция ^{137}Cs образцом АС при дозе от 0.5 до 10 г/дм³ и продолжительности сорбции 1 ч (рисунок 3).

Установлено, что при дозе образца АС равной 1 г/дм³ степень сорбции ^{137}Cs из водного раствора составляет 96.8 %. Дальнейшее увеличение дозы сорбента приводит к незначительному ее росту, а при количестве 4 г/дм³ и более степень сорбции ^{137}Cs практически не зависит от дозы. Таким образом, степень сорбции ^{137}Cs из водного раствора составляет около 98.8% при дозе сорбента 4 г·дм⁻³, pH = 6.5 и продолжительности сорбции ^{137}Cs в течение 1 ч.

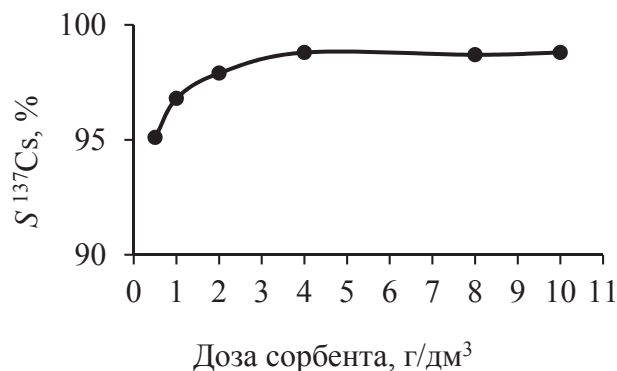


Рисунок 3 – Влияние дозы сорбента на степень сорбции ¹³⁷Cs из раствора

Для оценки селективности образца АС по отношению к ¹³⁷Cs исследовано влияние концентраций присутствующих в водных средах конкурирующих катионов Na⁺, K⁺ и Ca²⁺ на сорбционное извлечение ¹³⁷Cs из водных растворов (рисунок 4). Наиболее существенное влияние на сорбцию ¹³⁷Cs образцом АС оказывает присутствие в водном растворе катиона K⁺, особенно при его высоких концентрациях. Образец АС селективно сорбирует ¹³⁷Cs из водного раствора при концентрации K⁺ менее 1 ммоль/дм³. При концентрации K⁺ в растворе выше 5 ммоль/дм³ наблюдается значительное снижение степени сорбции ¹³⁷Cs. Катионы Na⁺ и Ca²⁺ в широком диапазоне концентраций (до 0.5 моль/дм³) незначительно снижают степень сорбции ¹³⁷Cs в интервале от 98.8 до 94.1% и от 98.8 до 82.7% соответственно.

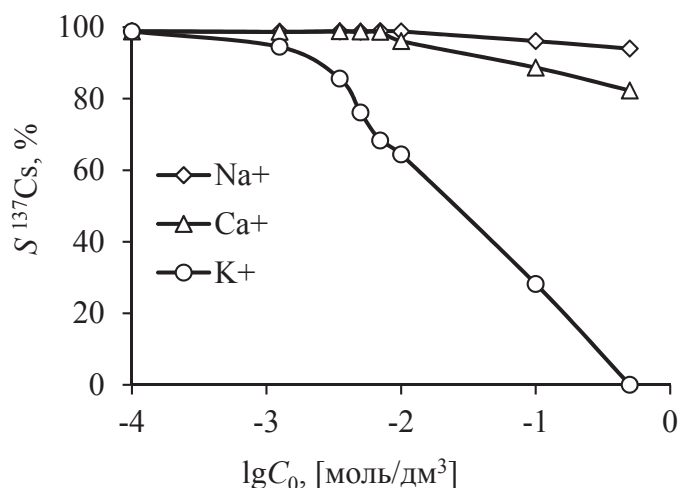


Рисунок 4 – Влияние концентрации катионов Na⁺, K⁺ и Ca²⁺ на сорбцию ¹³⁷Cs

Результаты проведенных исследований показывают, что алюмосиликатный сорбент на основе глинисто-солевых шламов ОАО «Беларуськалий», является достаточно эффективным для извлечения ^{137}Cs из водных сред. Перспективным направлением его практического применения может стать очистка жидких радиоактивных отходов и природных вод от ^{137}Cs , а также реабилитация радиоактивно загрязненных территорий, направленная на дезактивацию почвенных растворов для снижения перехода ^{137}Cs в сельскохозяйственные растения.

Литература

1. Рябчиков, Б.Е. Очистка жидких радиоактивных отходов / Б.Е. Рябчиков. – М.: ДеЛи Принт, 2008. – 516 с.
2. Леонтьева, Т.Г. Перспективы использования глинисто-солевых шламов ОАО «Беларуськалий» для очистки водных сред и экосистем от радиоцезия / Т.Г. Леонтьева, Л.Н. Москальчук, А.А. Баклай // Труды БГТУ. – 2016. – № 3: Химия и технология неорган. в-в. – С. 74–80.
3. Fuks, L. Clay-salt slimes from the JSC “Belaruskali” as potential engineering barriers in the radioactive waste repositories: sorption of Cs(I), Sr(II), Eu(III) and Am(III) / L. Fuks, I. Herdzik-Koniecko, L. Maskalchuk, T. Leontieva // Int. J. Environ. Sci. Technol. – 2018. – Vol. 15. Issue 10. – P. 2047–2058. <https://doi.org/10.1007/s13762-017-1597-3>.

УДК 502/504

Панасюгин А.С.¹, Цыганов А.Р.², Машерова Н.П.¹

(¹Белорусский национальный технический университет,

²УО «Белорусский государственный технологический университет»,
г. Минск)

ПРИМЕНЕНИЕ ШУНГИТА ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ НЕФТЕПРОДУКТОВ

Вода – это необходимое сырье для производства и в то же время часть окружающей нас природой среды. Ее рациональное использование – одна из составляющих нормального функционирования народного хозяйства. В условиях непрерывного развития промышленности, сельского хозяйства и автотранспорта, роста уровня жизни людей увеличиваются объемы водопотребления, водоотведения и потребность населения и производства в высококачественной воде. Приходится вовлекать в водопользование источники, состав воды которых требует более сложных методов очистки, чем традиционные. Одновременно