

УДК 544.723

СОРБЕНТЫ НА ОСНОВЕ МОДИФИЦИРОВАННОГО КРЕМНЕЗЕМА ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ СВИНЦА

Гриценко Полина Владимировна

Старший лаборант-исследователь, Институт химии ДВО РАН, Владивосток, Россия, polina.gritsenko.00@inbox.ru

Ткаченко Маргарита Владимировна

Студент, Дальневосточный Федеральный университет, Владивосток, Россия, tkachenko.mvl@dvfu.ru

Холомейдик Анна Николаевна

Научный сотрудник, Институт химии ДВО РАН, Владивосток, Россия, anik@ich.dvo.ru

Ковалева Елена Викторовна

Научный сотрудник, Институт химии ДВО РАН, Владивосток, Россия, ev_kovalyova@mail.ru

Панасенко Александр Евгеньевич*

Заведующий лабораторией, Институт химии ДВО РАН, Владивосток, Россия, panasenko@ich.dvo.ru

Ключевые слова: кремнезем; сорбция; зола рисовой шелухи; свинец

Извлечение свинца из водных растворов с использованием кремнезема в качестве сорбента представляет собой эффективный метод экологической очистки, который может быть улучшен благодаря химическому модифицированию поверхности. Новые сорбционные материалы находят широкое применение для защиты окружающей среды.

SORBENTS BASED ON MODIFIED SILICA FOR LEAD EXTRACTION

Gritsenko Polina Vladimirovna

Laboratory assistant, Institute of Chemistry FEB RAS, Vladivostok, Russia, polina.gritsenko.00@inbox.ru

Tkachenko Margarita Vladimirovna

Student, Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia, tkachenko.mvl@dvfu.ru

Holomeidik Anna Nikolaevna

Researcher, Institute of Chemistry FEB RAS, Vladivostok, Russia, anik@ich.dvo.ru

Kovaleva Elena Viktorovna

Researcher, Institute of Chemistry FEB RAS, Vladivostok, Russia, ev_kovalyova@mail.ru

Panasenko Alexander Evgenievich*

Head of the Laboratory, Institute of Chemistry FEB RAS, Vladivostok, Russia, panasenko@ich.dvo.ru

Keywords: silica; sorption; rice husk ash; lead

The extraction of lead from aqueous solutions using silica as a sorbent is an effective method for environmental purification that can be improved by chemical surface modification. New sorbent materials find wide application for environmental protection.

Извлечение свинца из водных растворов является важной экологической задачей, направленной на очистку природных и техногенных вод. Сорбционное извлечение является одним из наиболее эффективных методов. Разработка новых высокоселективных адсорбентов остается актуальной проблемой. Использование кремнезема в качестве сорбента позволяет решать задачи по защите окружающей среды благодаря его универсальности. Химическое модифицирование поверхности может повышать сорбционную емкость и селективность, что расширяет область применения,

особенно в аналитической химии. Кремнеземы с модифицированной поверхностью могут использоваться в спектроскопических методах анализа, включающих концентрирование элементов, элюирование и их последующее определение в десорбирующем растворе [1], для селективного извлечения и хроматографического разделения металлов [2], для сорбционно-люминесцентного определения различных металлов [3].

В данной работе проведено сравнительное исследование сорбционных свойств кремнеземов, полученных из тетраэтоксисилана (ТЭОС) и растительного кремнийсодержащего сырья (рисовой шелухи), а также после модификации их поверхности.

Синтез диоксида кремния из ТЭОС проводился по усовершенствованному методу Штобера [4]. Диоксид кремния из растительного сырья синтезировали путем взаимодействия КОН с золой рисовой шелухи при нагревании. В результате получено жидкое стекло, навеску которого обработали 5% H_2SO_4 до $\text{pH} = 7$, осадок промыли, высушили и прокалили при 600 °С. Для модификации поверхности образцов щелочью навеску кремнезема суспендировали в растворе NaOH, для модификации полигексаметиленгуанидином (ПГМГ) – в 5% растворе ПГМГ. После обработки осадок отделяли, промывали водой и сушили при 80 °С. Сорбционные свойства синтезированных материалов исследовали в статических условиях по отношению к ионам свинца из растворов PbCl_2 .

Образцы кремнезема, синтезированные из ТЭОС и РШ, являются рентгеноаморфными, но имеют различную структуру вследствие разных методик получения: из ТЭОС кремнезем осаждается в форме относительно плотных шарообразных частиц диаметром от нескольких десятков до сотен нанометров, тогда как гидролиз силикатных растворов приводит к образованию геля с пористой трехмерной структурой. Это подтверждается значениями удельной поверхности: $\text{SiO}_2(\text{ТЭОС})$ – 309,7 $\text{м}^2/\text{г}$, $\text{SiO}_2(\text{РШ})$ – 764,9 $\text{м}^2/\text{г}$. При этом изотерма сорбции метиленового синего на образце $\text{SiO}_2(\text{ТЭОС})$ описывается моделью Ленгмюра, а на образце $\text{SiO}_2(\text{РШ})$ – моделью Редлиха – Петерсона.

Для характеристики поверхности полученных материалов была определена точка нулевого заряда (ТНЗ) (табл. 1). Для образца $\text{SiO}_2(\text{ТЭОС})$ значение ТНЗ составляет 5,41, а для образца $\text{SiO}_2(\text{РШ})$ – 6,00. Сорбционная емкость $\text{SiO}_2(\text{ТЭОС})$ по отношению к свинцу составляет 16,3 $\text{мг}/\text{г}$ (табл. 1, рис. 1).

Таблица 1

Сорбционные свойства и ТНЗ синтезированных кремнеземных сорбентов

Образец	A(Pb), мг/г	ТНЗ	ПГМГ, % (гравиметрия)
Диоксид кремния из ТЭОС			
$\text{SiO}_2(\text{ТЭОС})$	16,3	5,41	–
$\text{SiO}_2(\text{ТЭОС}) + 0.01 \text{ M NaOH}$	47,6	5,80	–
$\text{SiO}_2(\text{ТЭОС}) + 0.1 \text{ M NaOH}$	116,7	6,20	–
$\text{SiO}_2(\text{ТЭОС}) + \text{ПГМГ}$	47,3		0,60
$\text{SiO}_2(\text{ТЭОС}) + 0.01 \text{ M NaOH} + \text{ПГМГ}$	82,4		0,1
Диоксид кремния из рисовой шелухи			
$\text{SiO}_2(\text{РШ})$	13,8	6,00	–
$\text{SiO}_2(\text{РШ}) + \text{ПГМГ}$	99,2		1,19

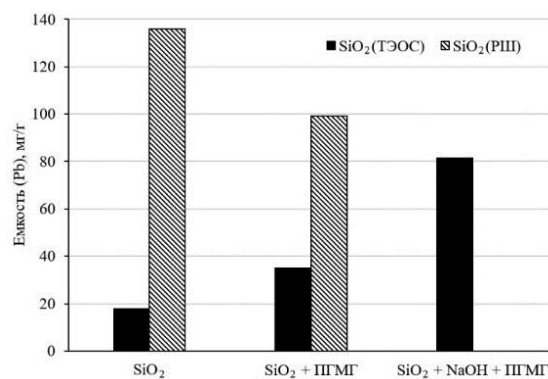


Рис. 1. Сорбционная емкость по отношению к Pb(II) сорбентов на основе диоксида кремния, синтезированного из ТЭОС и шелухи риса

Однако обработка 0,1 М NaOH позволяет повысить емкость более чем в 7 раз (до 116,3 мг/г). Также сорбционная емкость значительно повышается при модификации поверхности с помощью ПГМГ (до 47,3 мг/г) и при последовательной обработке 0,01 М NaOH и ПГМГ (до 82,4 мг/г).

Кремнезем из рисовой шелухи демонстрирует высокую сорбционную емкость – 135,8 мг/г, которая снижается до 99,2 мг/г после обработки ПГМГ. Это, по-видимому, связано с пористой структурой кремнезема, образованной в процессе гидролиза силикат-иона. Обработка ПГМГ, молекулы которого имеют массу от 700 до 10 000 а.е., блокирует часть пор диоксида кремния и снижает его сорбционную активность. Исследование направлено на достижение Цели 6: Чистая вода и санитария.

Исследование выполнено в рамках государственного задания Института химии ДВО РАН № FWFN(0205)-2022-0002.

Литература:

1. В.Н. Лосев, С.Л. Дидух, Е.В. Буйко, С.И. Метелица, А.К. Трофимчук, Применение кремнезема, модифицированного полигексаметиленгуанидином и 8-оксихинолин-5-сульфокислотой, для концентрирования и сорбционно-атомно-эмиссионного определения металлов в природных водах // Аналитика и контроль. 2009; 13(1):33.
2. Т.И. Тихомирова, П.Н. Нестеренко, Особенности реакций комплексообразования на поверхности модифицированных кремнеземных сорбентов: сорбция и комплексообразовательная хроматография металлов // Координационная химия. 2022; 48(10):615.
3. С.Л. Дидух, А.Н. Сорокина, Е.В. Мальцева, В.Н. Лосев, Сорбенты на основе кремнезема, последовательно модифицированного полигексаметиленгуанидином, Ferene S и Ferrozine для концентрирования и определения железа // Вестник ТувГУ. Естественные и сельскохозяйственные науки. 2013; 2(17):110.
4. A. Nair, S. V, M.S. Revathy, et al. Prediction of size, precursor ratio and monodispersity of silica nanospheres though adaptive neuro-fuzzy inference system // Chemical Physics Impact. 2022; 4(1):100042.