

Н. И. Власенко¹, В. А. Герлига²,
Г. В. Жданова², В. Я. Козлов¹,
И. А. Притыка²

¹ОП «Научно-технический центр» НАЭК «Энергоатом»

²Севастопольское отделение научно-технической поддержки ОП НТЦ ГП НАЭК «Энергоатом»

Снижение активности водных растворов ⁹⁰Sr и ¹³⁷Cs с помощью наноматериалов

Представлены результаты экспериментального исследования наноматериалов, полученных из определенного месторождения крымских горных пород, по выявлению их сорбционных свойств при очистке водных растворов ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr. Результаты эксперимента положительно характеризуют рассматриваемый наносорбент. Получены различные значения коэффициента очистки активных растворов при наличии и отсутствии центрифугирования.

М. И. Власенко, В. А. Герлига, Г. В. Жданова, В. Я. Козлов,
И. А. Притыка

Зниження активності водних розчинів ⁹⁰Sr і ¹³⁷Cs за допомогою наноматеріалів

Наведено результати експериментального дослідження наноматеріалів, отриманих з певного родовища кримських гірських порід, щодо виявлення їх сорбційних властивостей при очищенні водних розчинів ¹³⁷Cs і ⁹⁰Sr. Результати експерименту позитивно характеризують даний наносорбент. Отримано різні значення коефіцієнта очищення активних розчинів за наявності та відсутності центрифугування.

© Н. И. Власенко, В. А. Герлига, Г. В. Жданова,
В. Я. Козлов, И. А. Притыка, 2010

Научные подразделения многих стран мира занимаются важной проблемой очистки жидких радиоактивных отходов с начала развития атомной энергетики. В последние годы сотрудниками МГУ выполнен ряд работ по сорбционной способности CaCO₃. Этот сорбент предлагается получать струйным перемешиванием водных растворов Ca(NO₃)₂ и Na₂CO₃ с использованием ультразвука. В результате при температуре 20 °С образуются нанокристаллы CaCO₃ размером 40÷170 нм, которые в дальнейшем соединяются в агломераты сферической формы размером 0,5÷7 мкм. Подобные сферические образования, называемые ватеритами, имеют поры со средним размером до 15 нм. В [1] показана сильная сорбционная способность ватеритов. Недостаток предлагаемого способа очистки жидких радиоактивных отходов (ЖРО) — сложный и дорогостоящий способ получения наноматериалов CaCO₃.

Задачей настоящих исследований является предварительная оценка эффекта уменьшения активности водных технологических сред путем применения в качестве сорбирующего материала наносорбента, прошедшего предварительную подготовку измельчением в ультразвуке с дополнительным аэрированием.

Создание и предварительные испытания наносорбентов для снижения активности на основе крымских минералов — актуальная проблема. Представленный для исследования наносорбент снижает активность технологических растворов, содержащих радионуклиды ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr и ⁶⁰Co.

Экономически выгодной альтернативой московскому способу получения сорбента CaCO₃ [1] может служить способ получения сорбента CaCO₃, являющегося основой крымских (инкерманских) горных пород. Химический анализ образца известняка Первомайского участка Инкерманского месторождения выполнен Украинским государственным геологоразведочным институтом (Крымское отделение УГГРИ):

Химический состав	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	CaCO ₃	MgO	Pb	As	н/р остаток
Содержание, %	3,04	0,16	0,5	95,11	0,48	<0,02	<0,005	0,685

Для частичного превращения порошка горного материала в наноэлементы CaCO₃ порошок заливался водой и обрабатывался конденсирующимися пузырьками, инициируемыми ультразвуковым диспергатором [2], после чего испытывался на выявление его сорбционных свойств при очистке водных растворов ⁹⁰Sr и ¹³⁷Cs.

В табл. 1 представлены результаты испытаний при массовом соотношении сорбента и раствора 1:75 (4 г сорбента : 300 г раствора). Для проведения экспериментов в три колбы налили по 100 г исходного раствора с активностью 1,36 · 10⁶, 1,35 · 10⁶ и 1,32 · 10⁶ Бк/л, соответственно. В первую колбу добавили 4 г сорбента и перемешали на магнитной мешалке. После центрифугирования раствора (при 3700 об/мин) 0,2 мл раствора поместили на алюминиевую подложку стандартной геометрии, высушили и измерили активность сухого остатка на радиометре КРК-1.

Оставшийся после центрифугирования сорбент (4 г) далее засыпали во вторую колбу. После проведения тех же операций, что и с содержимым первой колбы, оставшийся после центрифугирования сорбент засыпали в третью колбу и т. д.

Таблица 1. Сорбция ^{137}Cs из водного раствора с использованием центрифугирования при массовом соотношении сорбента и раствора 1:75

Свойства	№ эксперимента		
	1	2	3
Активность исходного раствора, Бк/л	$1,36 \cdot 10^6$	$1,35 \cdot 10^6$	$1,32 \cdot 10^6$
Остаточная активность, Бк/л	$0,116 \cdot 10^6$	$0,085 \cdot 10^6$	$0,038 \cdot 10^6$
Коэффициент очистки	11,7	15,8	34,7

Таблица 2. Сорбция ^{137}Cs из водного раствора с использованием центрифугирования при массовом соотношении сорбента и раствора 1:125

Свойства	№ эксперимента				
	1	2	3	4	5
Активность исходного раствора, Бк/л	$2,56 \cdot 10^6$	$2,53 \cdot 10^6$	$2,53 \cdot 10^6$	$2,7 \cdot 10^6$	$2,5 \cdot 10^6$
Остаточная активность, Бк/л	$0,21 \cdot 10^6$	$0,16 \cdot 10^6$	$0,065 \cdot 10^6$	$0,16 \cdot 10^6$	$0,1 \cdot 10^6$
Коэффициент очистки	12,2	15,8	39	16,8	25

Следующий эксперимент проведен при массовых соотношениях сорбента и радиоактивного раствора 1:125. Для этого в пять колб налили по 100 г исходного раствора с активностью $2,56 \cdot 10^6$, $2,53 \cdot 10^6$, $2,53 \cdot 10^6$, $2,7 \cdot 10^6$, $2,5 \cdot 10^6$ Бк/л, соответственно (табл. 2).

Как и в предыдущем эксперименте, одна и та же навеска сорбента (4 г) поочередно засыпалась в колбы после центрифугирования и изъятия этого сорбента из предыдущей колбы. Активность исходного раствора была почти в два раза выше, чем в первой серии экспериментов.

В рамках проведенных экспериментов сорбент с увеличением частоты использования увеличивает коэффициент очистки.

Без использования центрифугирования при разделении раствора и сорбента коэффициенты очистки значительно снижаются. В табл. 3 и 4 представлены результаты экспериментов по очистке водных растворов ^{137}Cs и водных растворов смеси радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr без центрифугирования. Технология проведения экспериментов отличается

Таблица 3. Сорбция ^{137}Cs из водного раствора без использования центрифугирования

Свойства	№ эксперимента						
	1	2	3	4	5	6	7
Активность исходного раствора, Бк/л	375,6	362,2	439,7	439,7	439,7	439,7	439,7
Остаточная активность, Бк/л	109,6	74,4	61,06	84,73	64,56	96,06	91,23
Коэффициент очистки	3,4	4,9	7,2	5,2	6,8	4,7	4,8

Таблица 4. Сорбция смеси ^{137}Cs , ^{90}Sr и ^{60}Co из водного раствора без использования центрифугирования

Свойства	№ эксперимента				
	1	2	3	4	5
Активность исходного раствора, Бк/л	$0,54 \cdot 10^6$	$0,54 \cdot 10^6$	$0,54 \cdot 10^6$	$0,54 \cdot 10^6$	$0,54 \cdot 10^6$
Остаточная активность, Бк/л	$0,16 \cdot 10^6$	$0,106 \cdot 10^6$	$0,148 \cdot 10^6$	$0,060 \cdot 10^6$	$0,045 \cdot 10^6$
Коэффициент очистки	3,4	5	3,6	9	12

Таблица 5. Сорбция радионуклидов из водных растворов, содержащих ^{90}Sr , с использованием центрифугирования

Свойства	Технологические циклы			
	1	2	3	4
Исходная активность, кБк/л	46000	6500	1400	740
Активность после сорбента, кБк/л	6500	1400	740	400

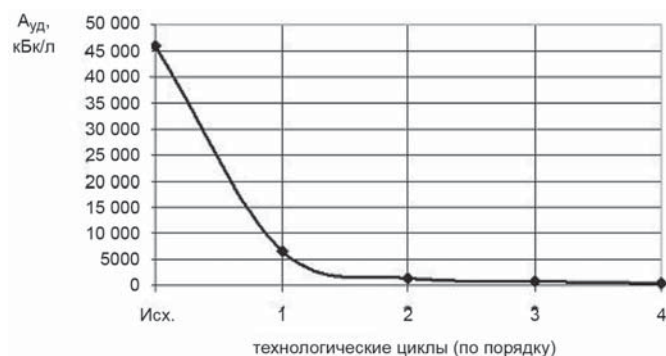


Рис. 1. Сорбция радионуклидов из водных растворов, содержащих ^{90}Sr

от предыдущих только отсутствием центрифугирования. Массовое соотношение сорбента и раствора — 1:175 (4 г сорбента и 7 колб по 100 мл раствора, табл. 3) и 1:125 (4 г сорбента и 5 колб по 100 мл раствора, табл. 4).

И в этом случае мы имеем заниженные коэффициенты очистки по сравнению с данными, приведенными в табл. 1 и 2.

В табл. 5 даны результаты эксперимента по очистке водного раствора ^{90}Sr . Технология очистки несколько иная: 4 г сорбента и 100 мл активного раствора ^{90}Sr перемешивали, разделяли центрифугированием, измеряли активность раствора, далее опять разделенные сорбент и раствор перемешивали, и т. д. Всего проведено четыре таких технологических цикла.

На рис. 1 представлена динамика снижения активности. Суммарный коэффициент очистки составил 140.

В настоящий момент разрабатываются методики управления процессами наносорбции применительно к различным модельным растворам.

Выводы

Представленные в статье предварительные эксперименты по очистке водных растворов радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr положительно характеризуют предлагаемый сорбент, полученный из крымских горных пород.

Учитывая практически нулевую стоимость исходного сырья (отходы от производства строительных блоков), после отработки технологии получения наноматериала из

исходного порошка можно будет предложить надёжную промышленную технологию получения сорбента.

Приведенные экспериментальные данные по сорбционным свойствам предлагаемых наноматериалов являются предварительными. В дальнейшем планируется определить максимальную поглощающую способность сорбента и зависимость её от температуры и вида радионуклидов.

Список литературы

1. Знаменская И. В. Новые возможности управления агломерацией наночастиц и их использование при решении некоторых радиохимических задач // Автореферат дис. ... канд. хим. наук. — М.: МГУ им. М.В. Ломоносова, 2006.
2. Киселёв Е. С. Интенсификация процессов механической обработки с использованием энергии ультразвукового поля. — Ульяновск: Ульяновский гос. техн. ун-т, 2003.

Надійшла до редакції 29.10.2009.