

УДК 621.039.7

ОЧИСТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СРЕД АЭС СОРБЕНТАМИ «ФОЛИОКС»

Н.И. Черкашина, к.т.н., доц., В.А. Ерофеев, к.т.н., доц., Д.Ю. Сулавко, препод.

Севастопольский национальный университет ядерной энергии и промышленности

Представлены результаты испытаний по переработке ЖРО с помощью сорбента «Фолиокс-КГО», который эффективно поглощает из жидких радиоактивных отходов не только радионуклиды, но и нефтепродукты. Экспериментальные данные позволяют предположить возможное использование данной модификации сорбента на основе лигнина как альтернативу для очистки радиоактивных вод АЭС низкой и средней активности.

Введение

В связи с развитием ядерной энергетики на современном этапе развития радиохимии и радиохимических технологий на передний план выдвигается проблема обращения с накопленными радиоактивными отходами. Радиоактивные отходы, образующиеся при эксплуатации реакторов в процессе переработки отработавшего ядерного топлива, являются источниками опасности для окружающей среды. По сравнению с отходами обычной энергетики и промышленности они обладают рядом особенностей. Это, во-первых, скрытый, непосредственно не ощутимый человеком характер воздействия радиоактивных загрязнений даже при смертельных дозах облучения. Во-вторых, это высокая удельная и суммарная активность отходов, образующихся при работе ядерного реактора и выделяемых при радиохимической переработке. Проблема ядерной энергетики с экологической точки зрения - это, прежде всего, проблема радиоактивных отходов. Именно к этому сводится вопрос о воздействии ядерной энергетики и атомной промышленности на окружающую среду. Важными задачами являются переработка, концентрирование, хранения жидких радиоактивных отходов (ЖРО) и окончательное захоронение их, что приобретает в настоящее время все большую актуальность.

Сложившаяся сегодня тенденция переработки жидких радиоактивных отходов появилась из опыта эксплуатации атомных электростанций (АЭС) и предусматривает использование тепла, которого достаточно на работающей АЭС. Практика эта основана на упаривании ЖРО разного солесодержания и уровня активности, часто без дальнейшей очистки конденсатов. Дистилляция или упаривание являются наиболее распространенными и удобными способами переработки жидких радиоактивных отходов, так как отличаются высокой степенью очистки отходов от радиоактивных веществ: $K_{оч} = 10^4 \dots 10^6$, а также они отличаются относительной простотой и эффективностью. Образующиеся концентраты при данных методах переработки имеют сложный радионуклидный и химический составы, в них находится большое количество взвесей, нефтепродуктов коллоидов, ПАВ и комплексообразователей.

Целью данного технологического процесса переработки жидких отходов является сокращение объемов отходов с одновременным получением небольшого объема концентрата отходов и основного потока очищенных вод, которые можно вновь использовать в производстве или направлять в водосток.

Постановка цели и задач научного исследования

Целью проведения работ является изучение эффективности очистки технологических сред АЭС от органических и неорганических примесей сорбентом на основе лигнина (измельченная ореховая скорлупа).

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

- рассчитать сорбционные характеристики: коэффициент очистки, коэффициент распределения, степень уменьшения активности раствора;

- по результатам экспериментальных данных рассчитать коэффициент очистки и коэффициент распределения уменьшения концентрации органических примесей после очистки сорбентом.

Технические и физические характеристики исследования

Испытания сорбента на основе лигнина проводились на сорбционной установке, которая состояла:

- из стеклянной литровой делительной воронки, загруженной на $\frac{3}{4}$ сорбентом с размером гранул 0,8...1,2 мм;
- штатива, зажимов и соединительных трубок;
- емкости для технологической среды на 1 л;
- емкости для фильтрата на 150 л.

Условия фильтрации:

- скорость фильтрации 0,3...0,4 колоночных объема в час (ч^{-1});
- режим фильтрации - «сверху вниз» со сбросом эффлюента в приемную емкость;
- отбор проб для анализа через 1, 2, 3, 4, 5, 10 колоночных объемов фильтрации.

Сорбционный материал подвергался предварительной обработке раствором щавелевой кислоты 1Н в течение 24 ч.

Определение сорбционных характеристик

На основе отходов гидролизных производств разработаны высокоэффективные сорбционные материалы, надежно локализирующие радиоактивные вещества при переработке отходов. В работе исследованы сорбционные свойства сорбентов Фолиокс «КГО» - косточковый, гранулированный, ореховый, Фолиокс «КГС» - косточковый, гранулированный, сливовый. Эксперимент проводился на двух колонках (сорбенты Фолиокс «КГО» и Фолиокс «КГС») параллельно на одних и тех же средах. Данные модификации сорбента Фолиокс из расчета заполнения конической хроматографической колонки брались на $\frac{4}{5}$ (объем сорбента 800 мл) ее объема, предварительно замачивались в 5%-м растворе щавелевой кислоты на 2 ч, а затем промывались обессоленной водой до бесцветного фильтрата. Скорость расхода устанавливалась по обессоленной воде 0,3 колоночного объема в час (к.о./г), объемная скорость фильтрации 3...4 мл/мин.

В качестве экспериментального раствора использовалась технологическая среда первого контура ЮАЭС с объемной активностью 10^{-4} Ки/л, а также трапные воды солеосаждением солей $> 5 \text{ кг/дм}^3$ и объемной активностью 10^{-6} Ки/л. Исходный раствор классифицировался в соответствии с ОСПОРО-2005 как ЖРО средней и низкой активности. Жидкость после каждой сорбционной колонки собиралась в емкость на 500 мл через промежуточные фильтрации 1 к.о.; 2 к.о.; 3 к.о.; 4 к.о.; 5 к.о.; 10 к.о.; 15 к.о.; которые в последствии готовились для развернутого спектрометрического и радиохимического анализов.

Полученные результаты обрабатывались в соответствии со следующей методикой. В специальную полиэтиленовую кювету налить 1,5 мл пробы, разбавить чистой водой, не содержащей активности, до метки «150 мл». Определение суммарной воды ректора производится не менее 1 ч после отбора пробы.

Измерения производились на установке УМФ-01 (установка малофоновая) не менее 5 раз, время измерения 100 с.

В процессе исследований определялись параметры процесса, включая лабораторные эксперименты по определению сорбционной емкости, параметров процесса $K_{оч}$ и K_p в зависимости от скорости фильтрации и химического состава среды. Полученные результаты эксперимента приведены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Величины коэффициентов очистки и распределения технологической среды первого контура

№	к.о.	к.о., мл	$A_{исх}$, Ки/л	$A_{ф}$ «КГО», Ки/л	$A_{ф}$ «КГС», Ки/л	$K_{оч}$ «КГС»	K_p «КГС»	$k_{оч}$ «КГО»	K_p «КГО»
1	1	800	$2,6 \cdot 10^{-4}$	$7 \cdot 10^{-6}$	$7 \cdot 10^{-6}$	37	1,2	37	1,2
2	2	1600	$2,6 \cdot 10^{-4}$	$1,2 \cdot 10^{-5}$	$9,2 \cdot 10^{-6}$	28	2,3	22	2,3
3	3	2400	$2,6 \cdot 10^{-4}$	$1,4 \cdot 10^{-5}$	$1,7 \cdot 10^{-5}$	19	3,5	15	3,5
4	4	3200	$2,6 \cdot 10^{-4}$	$5,6 \cdot 10^{-5}$	$3,1 \cdot 10^{-5}$	9	4,6	5	4,6
5	5	4000	$2,6 \cdot 10^{-4}$	$8,6 \cdot 10^{-5}$	$5,2 \cdot 10^{-5}$	5	5,8	3	5,8
6	10	8000	$2,6 \cdot 10^{-4}$	$1,3 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-4}$	2,6	11,5	2	11,5
7	15	12000	$2,6 \cdot 10^{-4}$	$2,6 \cdot 10^{-4}$	$1,8 \cdot 10^{-4}$	1,5	17,2	1	17,2

Аналогичные данные были получены по аммиаку и железу и обрабатывались в соответствии со следующей методикой. Отбирают аликвотную часть пробы (50 см³), помещают в мерную колбу вместимостью 150 см³. В отобранную пробу добавляют 1,0 см³ раствора сегнетовой соли массовой доли 10,0 %, 0,1 см³ реактива Несслера (при ожидаемой концентрации 0,4...100 мг/дм³) и 2,0 см³ реактива Несслера (при ожидаемой концентрации 0,05...0,5 мг/дм³), доводят объем в колбе до метки дистиллированной водой и перемешивают. Через 10 мин измеряют оптическую плотность анализируемого раствора при длине волны 400 нм в кювете с толщиной поглощающего слоя 50 или 30 мм.

Результаты расчета концентрации аммиака и железа, а также концентрации нефтепродуктов сведены в табл. 2, 3, 4.

Т а б л и ц а 2

Величина коэффициентов очистки и распределения аммиака

№	к.о.	к.о., мл	$C_{исх}$, мг/кг	$C_{ф}$ «КГО», мг/кг	$C_{ф}$ «КГС», мг/кг	$k_{оч}$ «КГС»	K_p «КГС»	$k_{оч}$ «КГО»	K_p «КГО»
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	800	57	12,5	10,3	5,5	1,2	4,6	1,2
2	2	1600	57	14,23	11,5	5	2,3	4	2,3
3	3	2400	57	22,38	13,4	4,5	3,5	2,5	3,5
4	4	3200	57	28,7	16,25	3,5	4,6	2	4,6
5	5	4000	57	46,63	17,83	3,2	5,8	1,2	5,8
6	10	8000	57	57	33,7	1,7	11,5	1	11,5
7	15	12000	57	-	57	1	17,2	-	17,2

Т а б л и ц а 3

Величина коэффициентов очистки и распределения, концентрации железа

№	к.о.	к.о., мл	$C_{исх}$, мг/кг	$C_{ф}$ «КГО», мг/кг	$C_{ф}$ «КГС», мг/кг	$k_{оч}$ «КГС»	K_p «КГС»	$k_{оч}$ «КГО»	K_p «КГО»
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	800	72	0,93	0,93	77,4	1,2	77,4	1,2
2	2	1600	72	4,27	2,54	28,4	2,3	17	2,3
3	3	2400	72	9,6	3,82	19	3,5	7,5	3,5
4	4	3200	72	12,75	6,44	11,2	4,6	5,7	4,6
5	5	4000	72	24,48	7,4	9,8	5,8	3	5,8
6	10	8000	72	72	64,3	1	11,5	1,2	11,5
7	15	12000	72	-	72	-	17,2	1	17,2

Т а б л и ц а 4

Величина коэффициентов очистки и распределения, концентрация нефтепродуктов

№	к.о.	к.о., мл	$C_{исх}$, мг/л	$C_{ф}$ «КГО», мг/л	$C_{ф}$ «КГС», мг/л	$k_{оч}$ «КГС»	K_p «КГС»	$k_{оч}$ «КГО»	K_p «КГО»
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	800	5	< 0,02	< 0,02	> 250	1,2	> 250	1,2
2	2	1600	5	< 0,02	< 0,02	> 250	2,3	> 250	2,3
3	3	2400	5	< 0,02	< 0,02	> 250	3,4	> 250	3,4
4	4	3200	5	0,021	0,021	238	4,6	238	4,6
5	5	4000	5	0,025	0,025	200	5,7	200	5,7
6	10	8000	5	0,028	0,028	179	11,4	179	11,4
7	15	12000	5	0,03	0,03	167	17,2	167	17,2

Приведенные выше коэффициенты очистки говорят об эффективности использования данного сорбента для очистки трапных вод и технологических сред первого контура. Результаты показали, что активность фильтрата уменьшилась на два порядка, а $k_{оч}$ по нефтепродуктам более 200, что делает данные модификации сорбента „Фолиокс” конкурентноспособными даже по сравнению с высокоселективными неорганическими сорбентами.

Выводы

Проведенные исследования показали, что:

– сорбент «Фолиокс» является комплексным, так как обеспечивает одновременную очистку ЖРО от радионуклидов, различных продуктов ядерного распада и от нефтепродуктов;

– отличительной его особенностью является высокая избирательная способность нефтепродуктов $k_{оч} > 200$ как из трапных вод, так и технологических сред первого контура.

После очистки раствор соответствовал санитарным нормам и не относился к жидким радиоактивным отходам. По результатам испытаний сделано заключение о перспективности использования сорбента для очистки технологических сред с высоким содержанием и концентрацией радионуклидов. Дальнейшие исследования в этой области будут направлены на изучение различных методов синтеза и модификаций лигниновых сорбентов, сравнение их селективной способности при сорбировании радионуклидов.

ОЧИЩЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧНЫХ СРЕДОВИЩ АЕС СОРБЕНТАМИ «ФОЛЮКС»

Н.И. Черкашина, В.А. Єрофєєв, Д.Ю. Сулавко

Надані результати випробувань з переробки РРВ за допомогою сорбенту «Фоліюкс-КГГ», який ефективно поглинає з рідких радіоактивних відходів не тільки радіонукліди, але і нафтопродукти. Експериментальні дані дають можливість припустити можливе використання даної модифікації сорбенту на основі лігніну як альтернативу для очищення радіоактивних вод АЕС низької та середньої активності.

The NPP' TECHNOLOGICAL MEDIA PURIFICATION by means of «FOLIOCS» SORBENTS

N. Cherkashina, V. Erofeev, D. Sulavko

The testing on the liquid radioactive wastes treatment by means of «Foliocs-KGO» sorbent that effectively absorbs not only radio nuclides, but also the petroleum products from liquid radioactive wastes has been resulted. Experimental data enable to suggest the possible use of this lignin based sorbent modification as an alternative for the NPP' low and medium activity radioactive waters purification.

Список использованных источников

1. Дезактивация жидких радиоактивных отходов с повышенным солесодержанием [Электронный ресурс]. - Электрон. текстовые данные (16 Мб). - Орел: ОГТУ РФ, 2008. - Режим доступа: <http://www.kolasc.net.ru/russian/innovationksc.html.3pdf>. Monday, 17 January 2009 21:02:19.
2. *Никифоров А.С.* Обезвреживание жидких радиоактивных отходов / А.С. Никифоров, В.В. Куличенко, М.И. Жихарев. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 183 с.
3. *Сивков А.* Методы очистки сточных вод электростанций от нефтепродуктов / А. Сивков, И. Панфилова, Э. Гоголашвили // Водочистка. – 2006. – № 11. – С. 17 - 20.
4. Очистка слабоактивных вод от долгоживущих изотопов природными сорбентами / А.С. Султанов [и др.] // Радиохимия. – 1996. – № 4. – С. 62 - 65.

Надійшла до редакції 15.08.2013 р.

УДК 661.715

МЕТОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УГЛЕВОДОРОДОВ В АТМОСФЕРНОМ ВОЗДУХЕ

Т.Л. Щекатурина¹, д.х.н., проф., Ю.Н. Яковчук², асп.

¹Севастопольский национальный университет ядерной энергии и промышленности

²Лабораторный центр Управления Госсанэпидслужбы в г. Севастополь

Проанализированы методы определения углеводородов в атмосферном воздухе. Рассмотрены сезонные изменения загрязнения атмосферы г. Севастополя на примере двух автотрасс с помощью газовой хроматографии.