ТЕХНОЛОГИЯ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ОТРАБОТАВШИХ ИОНООБМЕННЫХ СМОЛ МЕТОДОМ ТЕРМОВАКУУМНОЙ СУШКИ

В. Т. Сорокин¹, Н. А. Прохоров¹, Д. И. Павлов²

¹АО «АТОМПРОЕКТ», Санкт-Петербург

²АО «Санкт-Петербургский филиал АО «ФЦНИВТ «СНПО «ЭЛЕРОН» — «ВНИПИЭТ», Санкт-Петербург

Статья поступила в редакцию 04 апреля 2021 г.

В статье рассмотрены вопросы кондиционирования отработавших ионообменных смол (ОИОС) среднего и низкого уровня активности методом термовакuumной сушки с получением упаковок, отвечающих критериям приемлемости для захоронения в приповерхностные пункты захоронения. Описана опытная установка и промышленная технология осушки ОИОС. Для кондиционирования среднеактивных ОИОС предложено использовать сертифицированные железобетонные контейнеры с полимерной вставкой. Для кондиционирования низкоактивных ОИОС предложены конструкции полиэтиленовых контейнеров — аналогов металлических. Проведен анализ соответствия упаковок ОИОС требованиям безопасности.

Ключевые слова: радиоактивные отходы, отработавшие ионообменные смолы, сушка, железобетонный контейнер, захоронение.

Введение

За время работы установок водоочистки и очистки жидких радиоактивных отходов на объектах использования атомной энергии накоплено более 30 тыс. м³ ОИОС. В настоящее время на российских АЭС и других объектах использования атомной энергии отсутствуют промышленные установки переработки и кондиционирования ОИОС.

Методы битумирования и цементирования ОИОС приводят к увеличению объема отходов в 2—5 раз.

Термические методы переработки ОИОС при высоких температурах характеризуются сложной системой газоочистки и образованием большого количества вторичных радиоактивных отходов (РАО).

Включение ОИОС в полимерные материалы рассматривается в настоящее время как наиболее перспективный метод переработки, однако требуются дополнительные исследования и обоснования преимуществ данного способа переработки отходов.

Авторами настоящей публикации еще в 2009 году было предложено кондиционировать ОИОС путем осушки и размещения в железобетонные контейнеры без включения в матрицу [1, 2].

Это предложение основывается на анализе свойств ОИОС, результатах выполненных НИОКР и соответствует требованиям нормативных документов.

Анализ свойств ОИОС

Осушенные ОИОС представляют собой твердый зернистый материал, который может рассматриваться как форма, пригодная для длительного хранения и захоронения, поскольку отвечает общим критериям приемлемости РАО 3 и 4 классов, то есть не содержит веществ:

- в порошкообразной форме с высокой способностью к рассеянию;
- химически неустойчивых и сильных окислителей;
- коррозионно-активных;
- ядовитых, патогенных и инфекционных;
- биологически активных;
- легковоспламеняющихся и взрывопожароопасных;
- способных к детонации или взрывному разложению;
- вступающих в экзотермическое взаимодействие с водой, сопровождающееся взрывом;
- содержащих или способных генерировать токсичные газы, пары или возгоны.

Важно отметить, что радионуклиды прочно фиксированы в структуре ионообменных смол и для их дезактивации требуется обработка сильными кислотами и щелочами.

Влажность осушенных ОИОС (содержание межзерновой влаги), подлежащих захоронению, должна быть менее 3%, и она обеспечивается предварительной сушкой.

В табл. 1 представлен расчетный радионуклидный состав ОИОС, принятый в проекте Нововоронежской АЭС-2.

Таблица 1. Расчетные значения объемной активности отработавших ионообменных смол, Бк/м³ (Бк/г)

Нуклид	Среднеактивные ОИОС	Низкоактивные ОИОС
⁸⁹ Sr	3,14·10 ⁸ (0,43·10 ³)	5,74·10 ⁵ (0,80·10 ⁰)
⁹⁰ Sr	1,70·10 ⁸ (0,23·10 ³)	5,59·10 ⁵ (0,77·10 ⁰)
¹³⁴ Cs	8,90·10 ¹⁰ (1,20·10 ⁵)	1,04·10 ³ (0,14·10 ⁻²)
¹³⁷ Cs	1,38·10 ¹¹ (1,92·10 ⁵)	1,62·10 ³ (0,23·10 ⁻²)
⁵⁸ Co	2,88·10 ⁹ (0,40·10 ⁴)	2,24·10 ³ (0,31·10 ⁻²)
⁶⁰ Co	7,81·10 ⁹ (1,08·10 ⁴)	5,30·10 ³ (0,74·10 ⁻²)
¹⁴⁴ Ce	8,19·10 ⁸ (1,14·10 ³)	4,60·10 ⁵ (0,64·10 ⁰)
¹⁴⁴ Pr	8,19·10 ⁸ (1,14·10 ³)	4,60·10 ⁵ (0,64·10 ⁰)
Сумма	2,43·10 ¹¹ (3,12·10 ⁵)	3,11·10 ⁶ (2,85·10 ⁰)

Данные таблицы показывают, что среднеактивные ОИОС относятся к 3 классу РАО по классификации, принятой Постановлением Правительства РФ № 1069 от 12.10.12 и, в случае

соответствия упаковок ОИОС требованиям к упаковкам 3 класса, могут быть захоронены в приповерхностные пункты захоронения радиоактивных отходов (ППЗРО).

Низкоактивные ОИОС относятся к очень низкоактивным отходам 4 класса и могут захораниваться в приповерхностных ПЗРО без размещения в защитные контейнеры в соответствии с требованиями [3].

Нормативные требования к упаковке ОИОС

В соответствии с [4] захоронение РАО 3 класса, которые не включены в формообразующую матрицу (такие как неперерабатываемые твердые РАО, нефрагментируемое загрязненное оборудование, прессованные РАО, фрагментированные металлические РАО, обезвоженные ионообменные смолы, солевой плав), допускается при условии, что захораниваемая упаковка РАО соответствует требованиям, установленным федеральными нормами и правилами, и критериям приемлемости РАО для захоронения в определенный ПЗРО.

РАО класса 4 допустимо захоранивать без омоноличивания и (или) в неупакованном виде при условии, что такой способ захоронения РАО предусмотрен в проекте ПЗРО и захораниваемые РАО соответствуют общим критериям приемлемости, установленным федеральными нормами и правилами для неупакованных РАО класса 4, а также критериям приемлемости для захоронения в конкретный ПЗРО.

Основные требования к упаковкам РАО 3 и 4 классов представлены в табл. 2.

Описание технологической схемы сушки ОИОС

Для формирования упаковки ОИОС 3 класса, пригодной для захоронения в приповерхностный ПЗРО, нами разработана технология термовакуумной сушки смолы, которая обеспечивает полное удаление свободной жидкости и частичное удаление внутризерновой химически связанной жидкости при температуре сушки в диапазоне от 80 С° до 100 С° [5]. Это позволяет избежать термического разрушения смолы и необходимости очистки газообразных отходов от токсичных продуктов. Технологическая схема установки представлена на рис. 1.

Для отработки режимов термовакуумной сушки ОИОС была разработана и изготовлена полномасштабная опытно-демонстрационная установка, которая по производительности соответствует требованиям промышленной установки. Она оборудована датчиками температуры,

Таблица 2. Основные требования к упаковкам 3 и 4 классов

Требования	Класс РАО	
	3	4
Мощность поглощенной дозы на поверхности упаковки РАО	Не более 2 мЗв/ч*	Не более 0,5 мЗв/ч**
Механическая прочность	Не ниже требований, установленных правилами транспортирования для упаковочных комплектов типа А	В соответствии со значениями, установленными сертификатами соответствия на контейнеры
Сохранение изолирующей способности упаковки РАО	Срок службы упаковки при захоронении – не менее 100 лет	Не предъявляется
Скорость выхода радионуклидов из упаковки	Не более $1 \cdot 10^{-2}$ /год для трития; не более $1 \cdot 10^{-3}$ /год для бета- и гамма-излучающих радионуклидов; не более $1 \cdot 10^{-4}$ /год для альфа-излучающих радионуклидов	Не более $1 \cdot 10^{-4}$ /год для альфа-излучающих радионуклидов
Заполнение объема контейнера радиоактивным содержимым или матричным материалом	Не менее чем на 80 %	Не менее чем на 80 % (за исключением упаковок типа Биг-Бэг)

* Не более 10 мЗв/ч по особому разрешению, утвержденному руководством эксплуатирующей организации и согласованному с национальным органом, ответственным за захоронение кондиционированных отходов.

** Не более 2 мЗв/ч по особому разрешению, утвержденному руководством эксплуатирующей организации и согласованному с национальным органом, ответственным за захоронение кондиционированных отходов.

Рис. 1. Технологическая схема установки для термовакуумной сушки ионообменной смолы:
1 – термореактор, 2 – наружные нагреватели, 3 – внутренние нагреватели, 4 – дренажное устройство, 5 – конденсатор, 6 – аэрозольный фильтр, 7 – вакуумный насос, 8 – сборник конденсата, 9 – чиллер, 10 – сборник осушенной ИОС, 11 – емкость с пульпой, 12 – импеллерный насос

Рис. 2. Опытно-демонстрационная установка сушки ОИОС

обеспечивающими контроль процесса сушки и автоматическое управление электрической мощностью нагревателей. Фотография установки представлена на рис. 2.

Основные технические характеристики установки:

- объем загрузки смолы — 0,1 м³;

- габаритные размеры — 2050×1580×3500 мм;
- масса в режиме эксплуатации — 900 кг;
- установленная электрическая мощность нагревателей — 10 кВт;
- температура сушки — от 80 С° до 100 С°;
- абсолютное давление в аппарате, достаточное для осуществления процесса сушки, — 4—6 кПа.

Рис. 3. Высыпание высушенного продукта из аппарата сушки смолы

Глубина сушки смолы может достигать остаточного значения 30 % связанной (внутризерновой) воды. Свободная влага при этом полностью отсутствует. Высушенный продукт свободно высыпается из аппарата в контейнер, как это показано на рис. 3.

Выбранный нами объем единовременно обрабатываемой смолы в установке (0,1 м³) обеспечивает производительность от 12,5 до

25 дм³/ч по исходной смоле и может быть принят как базовый при создании промышленных установок.

Например, для одного блока АЭС ВВЭР-1200 установка такой производительности более чем достаточна, так как обеспечит переработку годового объема отработавших ионитов — 25 м³ за 1000—2000 часов.

Кондиционирование осушенных ОИОС

В качестве контейнеров для кондиционирования осушенных среднеактивных ОИОС класса 3 могут использоваться различные модификации (исполнения) железобетонных невозвратных защитных контейнеров, имеющих разную плотность конструкционного материала и толщину стенок (НЗК-150-1,5П; НЗК-150-1,5П(В); НЗК-РАДОН) и поставляемых с разными металлическими или полимерными вкладышами, которые закрываются крышкой для исключения просыпания при аварийной разгерметизации защитного контейнера.

В табл. 3 представлены характеристики рекомендованных железобетонных контейнеров, выбор которых осуществляется с учетом радионуклидного состава и активности ОИОС по результатам расчета мощности дозы на расстоянии 1 м от поверхности упаковки.

Основные характеристики металлического и полимерного вкладышей в комплекте с НЗК-150-1,5П для ОИОС 3 класса приведены в табл. 4.

Таблица 3. Характеристики железобетонных контейнеров

Наименование	Размеры, мм	Толщина стенок, мм	Плотность бетона, т/м ³	Масса контейнера, т	Полезный объем контейнера, м ³
НЗК-150-1,5П	1650×1650×1375	150	2,4–2,6	4,5	1,5
НЗК-150-1,5П(В)	1650×1650×1375	150	4,5	8,9	1,4
НЗК-РАДОН	1650×1650×1340	105	2,4–2,6	4,0	1,9

Таблица 4. Основные характеристики металлического и полимерного вкладышей для ОИОС

Параметр	Значение параметра	
	Металлический (См-1,3)	ВПС-1,3*
Высота, мм	900	970 (без горловины – 910)
Ширина, мм	1290	1290
Длина, мм	1290	1290
Толщина стенок, мм	6	8
Полный объем, м ³	1,3	1,35
Масса нетто, не более, кг	360	60**
Масса брутто, не более, кг	1400	1140
Материал	Сталь Ст3	Радиационно стойкий полиэтилен / полипропилен**

*ВПС – вкладыш полимерный для ОИОС.

**Данные уточняются при разработке конструкторской документации.

Более подробная характеристика железобетонных контейнеров и металлических вкладышей представлена в каталоге [6].

На рис. 4 представлен железобетонный контейнер НЗК-150-1,5П с вкладышами: металлическим типа См-1,3, выпускаемым промышленностью серийно и разрабатываемым в настоящее время полимерным вкладышем типа ВПС-1,3.

Для упаковки осушенных низкоактивных ОИОС, если будет принято решение о отдельной подготовке ОИОС 3 и 4 классов, целесообразно использовать металлические или полимерные емкости, что существенно упростит обращение с ними при хранении, транспортировании и захоронении.

Контейнер НЗК справа показан в разрезе, без защитной пробки. В верхней части вкладыша ВПС-1,3 — горловина для засыпки ОИОС.

На рис. 5 представлены металлический контейнер КРАД-1,36 и полимерный контейнер КПС-1,4 для низкоактивных ОИОС, который находится в стадии разработки и уточнения технических характеристик.

Герметизация крышек полимерных контейнеров может выполняться клеевым составом или методом термической сварки.

На рис. 6 представлены эскизы полимерного контейнера КПС-1,4 для ОИОС 4 класса и полимерного вкладыша ВПС-1,3 для железобетонного контейнера НЗК-150-1,5П для ОИОС 3 класса. Для герметизации вкладыша или контейнера предполагается реализовать технологию термической сварки крышек (пробок), заключающуюся в разогреве металлического закладного элемента в конструкции контейнера и вкладыша по периметру соединения «крышка (пробка) — корпус». При разогреве закладного элемента осуществляется расплавление материала крышки (пробки) и корпуса, который после застывания

Рис. 4. Контейнер НЗК-150-1,5П и вкладыши: слева — металлический типа См-1,3, справа — полимерный типа ВПС-1,3

Рис. 5. Контейнеры для низкоактивных ОИОС: слева — контейнер КРАД-1,36, справа — контейнер КПС-1,4

создает неразъемное соединение. Разогрев может осуществляться от электрической сети или дистанционно — с помощью индукционного метода разогрева.

В пробке, закрывающей горловину вкладыша для среднеактивных ОИОС, предусматривается установка керамического фильтра (или клапана), обеспечивающего выход газообразных продуктов разложения ОИОС 3 класса, но препятствующего поступлению воды в полимерный вкладыш.

В табл. 5 представлены характеристики контейнеров для низкоактивных ОИОС.

Таблица 5. Характеристики контейнеров для низкоактивных ОИОС

Показатели	Характеристика КРАД-1,36	Характеристика КПС-1,4*
Масса порожнего, кг	280	80
Масса загруженного, кг	до 1400	до 1200
Объем загрузки, м ³	1,4	1,4
Габариты, мм	1280×1280×1057	1280×1280×1060
Толщина стенок, мм	4	5
Способ герметизации	болтовое соединение	термическая сварка
Срок службы, лет	30	50
Количество ярусов при штабелировании	7	7
Классификация по НП-053-14	тип 2 (IP-2)	тип 2 (IP-2)

*Данные уточняются при разработке конструкторской документации.

Рис. 6. Эскизы полимерного контейнера для ОИОС 4 класса и полимерного вкладыша для железобетонного контейнера НЗК-150-1,5П для ОИОС 3 класса

Анализ соответствия упаковок ОИОС требованиям безопасности

Результаты анализа исходных данных и выполненных расчетов представлены ниже.

Принятый для формирования упаковки среднеактивных ОИОС контейнер НЗК-150-1,5П с металлическим или полимерным вкладышем соответствует всем нормативным требованиям к упаковкам 3 класса.

Суммарная активность среднеактивных ОИОС в упаковке НЗК-150-1,5П с металлическим вкладышем объемом $1,3 \text{ м}^3$ по ^{137}Cs составляет

$2,92 \cdot 10^{11}$ Бк, что соответствует требованиям для упаковки типа А.

Мощность дозы на поверхности и на расстоянии 1 м от поверхности упаковки составляет соответственно менее 2 мЗв/ч и 100 мкЗв/ч [7].

Срок эксплуатации сертифицированного железобетонного контейнера НЗК-150-1,5П составляет более 100 лет.

В процессе длительного хранения среднеактивных ОИОС возможна их деструкция вследствие радиационного воздействия от накопленных в них радионуклидов.

Выполненные расчеты показали, что для смолы с удельной активностью $\sim 3 \cdot 10^{11}$ Бк/м³ поглощенная ею доза через 300 лет хранения составит около $3,7 \cdot 10^5$ Гр.

Продуктами деструкции облученного катионита являются ионы хлора, сульфат-ионы и ионы водорода, а облученного анионита — метиламин, диметиламин, триметиламин и аммиак.

Расчетный выход продуктов деструкции на основании данных [8] за 300 лет хранения составил бы:

- сульфаты — 6,8 кг;
- хлориды — 1,7 кг;
- ионы водорода — 0,19 кг;
- триметиламин — 25 кг;
- диметиламин — 8,5 кг;
- метиламин — 4,4 кг;
- аммиак — 2,4 кг.

Для изготовления железобетонных контейнеров НЗК-150-1,5П используется бетон высокой марки по водонепроницаемости W20, что обеспечивает отсутствие воды в контейнере в течение нескольких сотен лет даже во влажной среде. Размещение осушенной смолы в полимерную вставку, закрываемую крышкой с керамическим фильтром, является дополнительным барьером для поддержания ОИОС в сухом состоянии.

Общее количество газов, образующихся за 300 лет хранения, составит около 40 кг, то есть средняя скорость их выделения — 14,5 мг/ч. Газы, образующиеся в полимерной матрице, через керамический фильтр будут поступать в свободный объем контейнера НЗК-150-1,5П, а оттуда — диффундировать через его стенки как по концентрационному механизму за счет разницы концентраций, так и по фильтрационному при росте давления в контейнере.

По данным [9] сопротивление воздухопроницанию бетона при его толщине 100 мм составляет 19620 м²·ч·Па/кг. Соответственно, проницаемость будет равна $5,1 \cdot 10^{-5}$ кг/м²·ч·Па. Толщина стенок контейнера НЗК — 150 мм. Суммарная площадь стенок контейнера составляет примерно 7,6 м². Даже при давлении внутри контейнера на 1 Па больше, чем давление в помещении хранения контейнеров, скорость отвода выделяющихся газов составит:

$$(5,1 \cdot 10^{-5} / 1,5) \times 7,6 = 25,9 \cdot 10^{-5} \text{ кг/ч} = 260 \text{ мг/ч.}$$

Это значение воздухопроницаемости железобетонного контейнера значительно выше скорости образования газов при радиолизе ОИОС.

При сухом состоянии смолы выход радионуклидов за пределы контейнера практически исключен ввиду низких коэффициентов диффузии в сухом бетоне [10].

В случае проникновении воды в контейнер образующиеся при разложении анионита аммиак и амины будут взаимодействовать с водой с образованием соединений типа гидроксида метиламмония, проявляющих основные свойства и не являющихся коррозионно-опасными.

Нерастворимые в воде газы (водород, незначительные количества азота, оксида углерода) будут диффундировать через стенки контейнера.

Концентрации сульфатов, хлоридов и других соединений при заполнении контейнера водой будут в десятки раз меньше тех, при которых раствор считается агрессивным к бетону.

В работе [11] расчетно-экспериментальными исследованиями установлено, что в растворе сульфат-иона с концентрацией 5 г/л срок службы бетона, приготовленного на портландцементе, при W20 составит 370 лет (табл. 6). За это время он не потеряет свои показатели качества. В нашем случае такая концентрация будет достигнута по истечении 300 лет.

Таблица 6. Срок службы бетона на портландцементе Воскресенского завода

Концентрация сульфат-иона, мг/л	Срок службы бетона, лет		
	В/Ц=0,4 W8–W10	В/Ц=0,32 >W20	В/Ц=0,29 >W20
5 000	100	145	370
12 000	25	40	35
50 000	7	6	8

Исследование диффузионной проницаемости показало, что радионуклиды, содержащиеся в ОИОС, не выйдут за пределы стенок железобетонного контейнера в течение 300 и более лет. На рис. 7 представлены результаты расчета диффузии ¹³⁷Cs в бетоне стенки контейнера.

Рис. 7. Концентрация ¹³⁷Cs в поровой влаге в стенке контейнера

Горизонтальная линия на рисунке соответствует величине уровня вмешательства в воде для ^{137}Cs , который равен $1,1 \cdot 10^4$ Бк/м³.

Ввиду незначительной активности низкоактивных ОИОС радиационными эффектами при их хранении и захоронении можно пренебречь, что определило возможность герметизации контейнера. Выбор оптимальной технологии обращения с такими смолами должен определяться только экономическими соображениями.

Заключение

Предложенный метод кондиционирования ОИОС путем термовакуумной сушки и размещения в соответствующий классу отходов контейнер характеризуется как наиболее простой, не требует матричного материала и не приводит к увеличению объема захораниваемых отходов.

Упаковки осушенных среднеактивных ОИОС на базе железобетонного контейнера НЗК-150-1,5П с полимерной вставкой отвечают современным критериям приемлемости отходов для захоронения в приповерхностные пункты захоронения.

Для хранения и захоронения осушенных низкоактивных ОИОС целесообразно использовать полимерные контейнеры, отвечающие требованиям к упаковкам 4 класса.

Литература

1. Сорокин В. Т., Демин А. В., Прохоров Н. А., Великина С. А., Гатауллин Р. М., Медеяев И. А., Перегудов Н. Н., Шарафутдинов Р. Б. Хранение отработавших ионообменных смол низкого и среднего уровня удельной активности в контейнерах типа НЗК без включения в матрицу // Ядерная и радиационная безопасность. 2009. № 4. С. 19–21.

2. Бабкин Д. Н., Прохоров Н. А., Сорокин В. Т., Демин А. В., Ирошников В. В. Технология переработки и хранения отработавших ионообменных смол для АЭС нового поколения // Атомная энергия. 2011. Том 111. Вып. 4. С. 214–219.

3. СП 2.6.6.2572-2010. Обеспечение радиационной безопасности при обращении с промышленными отходами атомных станций, содержащими техногенные радионуклиды.

4. НП-093-14. Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии «Критерии приемлемости радиоактивных отходов для захоронения».

5. Бабкин Д. Н., Демин А. В., Ирошников В. В., Прохоров Н. А., Сорокин В. Т. Установка для термической переработки радиоактивной ионообменной смолы. Патент на полезную модель № 121396, 2012 г.

6. Оборудование для обращения с радиоактивными отходами на предприятиях ГК «Росатом»: Каталог АО «345 МЗ», 2021 г.

7. Гатауллин Р. М., Давиденко Н. Н., Свиридов Н. В., Сорокин В. Т. и др. Контейнеры для радиоактивных отходов низкого и среднего уровня активности. М.: Логос, 2012. 256 с.

8. Тулунов П. Е. Стойкость ионообменных материалов. М.: Химия, 1984 г. 232 с.

9. СТО 00044807-001-2006. Теплозащитные свойства ограждающих конструкций зданий. Российское общество инженеров-строителей, 2006 г.

10. Иванов И. А., Шатков В. М., Сорокин В. Т., Гулин А. Н. Диффузия радионуклидов в цементосодержащих материалах // Радиохимия. 1994. Т. 36. Вып. 2. С. 183–185.

11. Розенталь Н. К. Коррозионная стойкость цементных бетонов низкой и особо низкой проницаемости. М.: ФГУП ЦПП, 2006, 520 с.

Информация об авторах

Сорокин Валерий Трофимович, доктор технических наук, главный технолог, АО «АТОМПРОЕКТ» (197183, Санкт-Петербург, ул. Савушкина, д. 82, лит. А), e-mail: vsorokin@atomproekt.com.

Прохоров Николай Александрович, кандидат технических наук, начальник отдела, АО «АТОМПРОЕКТ» (197183, Санкт-Петербург, ул. Савушкина, д. 82, лит. А), e-mail: prokhorov@atomproekt.com.

Павлов Дмитрий Игоревич, руководитель направления, АО «Санкт-Петербургский филиал АО «ФЦНИВТ «СНПО «ЭЛЕРОН» — «ВНИПИЭТ» (197183, Санкт-Петербург, ул. Дибуновская, д. 55), e-mail: dipavlov@eleron.ru.

Библиографическое описание статьи

Сорокин В. Т., Прохоров Н. А., Павлов Д. И. Технология кондиционирования отработавших ионообменных смол методом термовакуумной сушки // Радиоактивные отходы. – 2021. – № 2 (15). С. 39–48. DOI: 10.25283/2587-9707-2021-2-39-48.

SPENT ION EXCHANGE RESIN CONDITIONING TECHNOLOGY BASED ON THERMAL VACUUM DRYING METHOD

Sorokin V. T.¹, Prohorov N. A.¹, Pavlov D. I.²

¹JSC “ATOMPROEKT”, Saint-Petersburg, Russia

²Saint-Petersburg branch of JSC “FCNIVT “SNPO “ELERON” — “VNIPIET”, Saint-Petersburg, Russia

Article received on April 04, 2021

The article deals with the issues associated with the conditioning of intermediate- and low-level spent ion exchange resins (IOS) by thermal vacuum drying method to obtain packages that would meet the acceptance criteria set for near-surface disposal.

The paper describes an experimental installation and the industrial technology of OIOS dehumidification. For air conditioning of intermediate-level OIOS, it proposes the use of certified reinforced concrete containers. As it comes to the conditioning of low-level OIOS, it proposes plastic containers being similar in their designs to the metal ones. The paper also evaluates the compliance of OIOS packages with relevant safety requirements.

Keywords: radioactive waste, spent ion exchange resins, drying, reinforced concrete container, disposal.

References

1. Sorokin V. T., Demin A. V., Prokhorov N. A. et al. Hranenie otrabotavshih ionoobmennyyh smol nizkogo i srednego urovnya aktivnosti v kontejnerah tipa NSK bes vklyucheniya v matricu [Storage of low- and intermediate-level spent ion-exchange resins in NZK-type containers with no matrix inclusion]. *Yadernaya i radiatsionnaya besopasnost — Nuclear and radiation safety*, 2009, no. 4, pp. 19–21.
2. Babkin D. N., Prokhorov N. A., Sorokin V. T. et al. Tekhnologiya pererabotki i chraneniya otrabotavshih ionoobmennyyh smol dlya AEHS novogo pokoleniya [Spent ion-exchange resins processing and storage technology for the new generation of nuclear power plants]. *Atomnaya energiya — Atomic energy*, 2011, vol. 111, iss. 4, pp. 214–219.
3. SP 2.6.6.2572. Obespechenie radiatsionnoj pri obrashchenii c promyshlennymi otchodami atomnykh snantsiy, soderzhashchimi technogennyye radionuklidy [Radiation safety during the management of industrial waste from nuclear power plants containing technogenic radionuclides].
4. NP-093-14. Federalnye normy i pravila v oblasti ispolsovaniya atomnoj ehnergii “Kriterii priemlemosti radioaktivnykh otkhodov dlya zachoroneniya” [Federal norms and rules in the field of atomic energy use Radioactive Waste Acceptance Criteria for disposal].
5. Babkin D. N., Demin A. N., Iroshnikov V. V et al. Ustanovka dlya termicheskoy pererabotki radioaktivnoj smoly. Patent na poleznuyu model [Installation for radioactive ion-exchange resin thermal processing of. Utility model patent] No. 121396, 2012.
6. Oborudovanie dlya obrashcheniya s radioaktivnymi otkhodami na predpriyatiyakh GK Rosatom. Katalog AO 345 MZ [Equipment for radioactive waste management at the enterprises of the State Corporation Rosatom. JSC 345 MZ catalog], 2021.
7. Gataulin R. M., Davidenko N. N., Sviridov N. V. et al. Kontejnery dlya radioaktivnykh otkhodov nizkogo i srednego urovnya aktivnosti [Containers for low and intermediate level waste]. Moscow, Logos Publ., 2012. 256 p.
8. Tulupov P. E. Stojkost ionoobmennyykh materialov [Resistance of ion exchange materials]. Moscow, Khimiya Publ., 1984. 232 p.
9. STO 00044807-001-2006. Teplozashchitnye svoystva ograzhdayushch komstruksij sdamij [Heat-shielding properties of building envelopes]. Rossijskoe odshchestvo inzhenerov-stroitelej [Russian Community of Civil Engineers], 2006.
10. Ivanov I. A., Shatkov V. M., Sorokin V. T. et al. Difuziya radionuklodov v tsementosoderzhashchikh materialakh [Diffusion of radionuclides in cement-containing materials]. *Radiokhimiya — Radiochemistry*, 1994, vol. 36, iss. 2, pp. 183–185.
11. Rozental N. K. Rjrozionnayz stojkost tsementnikh betonov nizkoj i osobonizkoj pronitsaemosti [Corrosion resistance of low and extra low permeability cement concretes]. Moscow, FGUP TsPP Publ., 2006. 520 p.

Information about the authors

Sorokin Valery Trofimovich, Ph.D, Chief Technology, JSC “ATOMPROEKT” (82-A, Savushkina St., St. Petersburg, 197183, Russia), e-mail: vsorokin@atomproekt.com.

Prohorov Nikolai Alexandrovich, PhD, Head of the Department of Chemical Technologies, JSC “ATOMPROEKT” (82-A, Savushkina St., St. Petersburg, 197183, Russia), e-mail: prokhorov@atomproekt.com.

Pavlov Dmitriy Igorevich, Team Leader of Saint-Petersburg branch of JSC “FCNIVT “SNPO “ELERON” — “VNIPIET” (55, Dibunovskaya St., St. Petersburg, 197183, Russia), e-mail: dipavlov@eleron.ru.

Bibliographic description

Sorokin V. T., Prohorov N. A., Pavlov D. I. Spent Ion Exchange Resin Conditioning Technology Based on Thermal Vacuum Drying Method. *Radioactive Waste*, 2021, no. 2 (15), pp. 39—48. DOI: 10.25283/2587-9707-2021-2-39-48. (In Russian).