DOI: 10.25283/2587-9707-2023-3-6-13 УДК 621. 039. 714

ОПЫТ ФГУП «РАДОН» ПО КОНДИЦИОНИРОВАНИЮ РАДИОАКТИВНЫХ ОТРАБОТАВШИХ ИОНООБМЕННЫХ СМОЛ КАЛИНИНСКОЙ АЭС

Е. Е. Осташкина, А. Е. Савкин, Ю. Т. Сластенников

Научно-производственный комплекс — Сергиево-Посадский филиал федерального государственного унитарного предприятия «Объединенный эколого-технологический и научно-исследовательский центр по обезвреживанию РАО и охране окружающей среды», Сергиев Посад, Московская область

Статья поступила в редакцию 4 апреля 2023 г.

НПК — Сергиево-Посадским филиалом ФГУП «РАДОН» выполнено кондиционирование отработавших радиоактивных ионообменных смол Калининской АЭС методом включения в полимерную матрицу с использованием разработанной и изготовленной опытно-промышленной установки. С помощью лабораторной и методической базы предприятия осуществлено подтверждение соответствия полученного полимерного компаунда и упаковок с ним показателям качества и критериям приемлемости, предусмотренным требованиями нормативной документации.

Ключевые слова: *радиоактивные отходы, показатели качества, критерии приемлемости, полимерный компаунд, отработавшие ионообменные смолы, методики испытаний.*

Введение

Во ФГУП «РАДОН» разработана и изготовлена опытно-промышленная установка кондиционирования отработавших ионообменных смол (ОИОС), реализующая технологию обезвоживания и включения их в полимерное связующее на основе эпоксидных смол российского производства методом пропитки в контейнере для захоронения [1].

В 2019 году с целью проверки работоспособности установки и возможности получения с ее использованием продукта, соответствующего требованиям нормативной документации [2], [3] было выполнено опытное кондиционирование ОИОС станции очистки спецстоков ФГУП «РАДОН». Следующим шагом по продвижению указанной технологии является подтверждение референтности установки на предприятиях отрасли для переработки накопленных ОИОС с различным фракционным составом и удельной активностью. Другая важная задача — обеспечение возможности дальнейшей передачи кондиционированных отходов Национальному оператору, что требует подтверждения соответствия полученного продукта требованиям нормативных документов. По этой причине получаемый полимерный компаунд с включенными ОИОС должен обладать показателями качества, отвечающими требованиям НП-019-15 [4], а также соответствовать критериям приемлемости для захоронения, установленным НП-093-14 [5].

С целью выполнения этих задач в 2022 г. НПК — Сергиево-Посадским филиалом ФГУП «РАДОН» были реализованы следующие мероприятия:

- отработка на опытно-промышленной установке технологии кондиционирования ОИОС, полученных от Калининской АЭС;
- разработка и аттестация необходимых методик измерений по подтверждению соответствия кондиционированных ОИОС показателям качества и критериям приемлемости в соответствии с требованиями нормативной документации;
- проведение исследований по подтверждению соответствия полимерного компаунда с включенными ОИОС Калининской АЭС показателям качества и критериям приемлемости для захоронения.

Экспериментальная часть

Характеристика ОИОС Калининской АЭС

С целью отработки технологии кондиционирования ОИОС с использованием опытно-промышленной установки на реальных радиоактивных отходах (РАО) от Калининской АЭС была получена партия ионообменных смол общим объемом 7,6 м^3. Они были размещены в первичной упаковке в виде 200-литровых бочек.

По исходной информации о происхождении ОИОС, данные материалы применялись на СВО-5 для очистки вод парогенераторов. В соответствии с особенностями технологических схем большинства станций в состав указанной системы очистки входит катионитовый фильтр, используемый в качестве механического фильтра; затем очищаемые воды направляют на два регенерируемых фильтра, заполненных катионитом и анионитом.

Гранулометрический анализ полученных от Калининской АЭС ОИОС подтвердил их происхождение и выявил три основных типа смол, характеристики которых представлены в табл. 1.

Таблица 1. Гранулометрический состав ОИОС

Размер фракции частиц, мм	Содержание фракции, %		
	Катионит с механическими примесями	Катионит без механических примесей	Смесь катионита и анионита без механических примесей
Более 1,25	0,5	0,2	2,8
От 0,9 до 1,25	2,1	12,8	9,4
От 0,63 до 0,9	21,4	64,7	54,1
От 0,315 до 0,63	59,4	18,5	28,8
От 0,16 до 0,315	7,1	0,9	2,8
От 0,08 до 0,16	5,9	0,2	0,6
Менее 0,08	3,6	2,8	1,4
Менее 0,315	**16,6**	**3,9**	**4,8**

Как видно из табл. 1, доля мелких частиц (с размером менее 0,315 мм) в катионите с механическими примесями достигает 16,6 %. Их присутствие в большом количестве может осложнить пропитку ОИОС данного типа полимерным связующим.

По результатам визуальной оценки, фракции с размером частиц менее 0,16 мм не содержали ОИОС и представляли собой суспензию черного цвета. С целью определения способа дальнейшего обращения был проведен анализ их химического состава с помощью атомно-адсорбционного прибора «Квант» и фотоколориметра КФК-3М, который показал следующие результаты, масс. %:

Fe_2O_3 — 77, Cr_2O_3 — 0,79, NiO — 2,5, SiO_2 — 13,3.

Приведенный химический состав свидетельствует о том, что данные фракции в основном представлены неорганическим шламом коррозионного происхождения, присутствие которого характерно для внутриреакторных водных растворов.

По данным гамма-спектрометрических измерений, в радионуклидном составе ОИОС присутствуют такие основные радионуклиды, как цезий-137, цезий-134 и кобальт-60. Удельная бета-активность составила (2—4)·10^5 Бк/кг.

Технология и проведение процесса кондиционирования ОИОС на опытно-промышленной установке

Технологическим процессом кондиционирования ОИОС на опытно-промышленной установке предусмотрено дозирование их пульпы в сертифицированные контейнеры, конструкция которых позволяет проводить обезвоживание и пропитку смол полимерным связующим внутри контейнера. Процесс кондиционирования включает в себя следующие основные операции (рис. 1а):

- подача ОИОС с помощью монжуса и сгущение пульпы в дозаторе;
- заполнение контейнера сгущенной пульпой из дозатора с использованием сжатого воздуха;
- обезвоживание ОИОС в контейнере вакуумированием;
- пропитка ОИОС в контейнере полимерным связующим.

При кондиционировании ОИОС на опытно-промышленной установке применяют два типа контейнеров: КМЗ-РАДОН-ИОС и НЗК-150-1,5П со вставкой. Контейнер типа КМЗ и вставка в НЗК имеют аналогичную конструкцию, одной из особенностей которой является наличие верхней и нижней перегородок с сетками (рис. 1б). При заполнении контейнера ионообменная смола

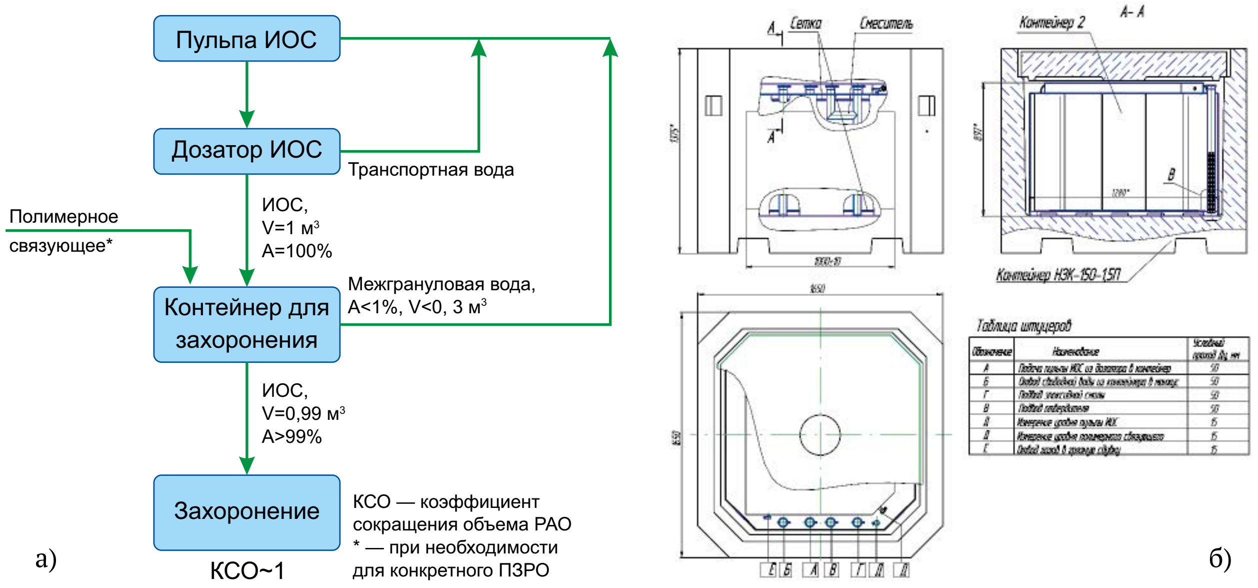

Рис. 1. Обезвоживание и включение ОИОС в полимерное связующее: а) принципиальная схема процесса; б) схема контейнера НЗК-150-1,5П со вставкой

подается в пространство между этими перегородками. Обезвоживание пульпы ОИОС, загруженной в него, производится путем фильтрации свободной жидкости через нижнюю перегородку в придонную дренажную полость и последующего ее удаления с помощью вакуумирования. При пропитке ОИОС полимерное связующее (смесь эпоксидной смолы и отвердителя) подают под нижнюю перегородку контейнера до полного его заполнения по направлению снизу вверх.

При кондиционировании ОИОС без механических примесей Калининской АЭС основные операции технологического процесса осуществлялись в штатном режиме. Для катионита с механическими примесями имелась вероятность осложнения процессов транспортировки ОИОС по трубопроводам установки, а также обезвоживания и пропитки смолы в контейнере.

Для обеспечения текучести ОИОС проводили их предварительную подготовку. Для этого в 200-литровые бочки, в которых их доставили, через металлическую трубу, опущенную до дна бочки, добавляли техническую воду до ее появления над слоем смолы. Для приобретения текучести пульпы ОИОС ее выдерживали в течение нескольких часов в контакте с водой, затем из бочек ее закачивали с помощью вакуума в монжус опытно-промышленной установки, а из него заполняли дозатор с помощью сжатого воздуха. Основные параметры пропитки ОИОС без механических примесей представлены в табл. 2.

Через 16 минут после начала пропитки контейнер был заполнен полимерным связующим, после чего произвели отключение насосов.

***Таблица 2.** Пропитка ОИОС без механических примесей*

Параметр пропитки	Время пропитки, мин					
	Начало процесса	5	10	12	14	Окончание процесса 16
Расход эпоксидной смолы, м³/ч	1,2	1,2	1,2	0,9	0,65	0,65
Расход отвердителя, м³/ч	0,8	0,8	0,8	0,6	0,42	0,42
Давление в контейнере, ати	0,31	0,67	0,93	1,0	1,1	0,63

По завершении пропитки отобрали пробы полимерного компаунда с включенными ОИОС для определения показателей качества. Внешний вид заполненного контейнера представлен на рис. 2.

Рис. 2. Внешний вид контейнера НЗК-150-1,5П со вставкой с ОИОС Калининской АЭС после пропитки

Время обезвоживания катионита с механическими примесями в контейнере значительно увеличилось по сравнению с ОИОС без видимых включений. Причиной этого могло быть забивание мелкими фракциями нижней сетки контейнера. Чтобы стабилизировать процесс последующей пропитки ОИОС полимерным связующим, была проведена промывка смолы внутри контейнера технической водой снизу вверх. После этого содержание в смолах частиц с размером менее 0,315 мм снизилось до 6,6 % (табл. 3), что позволило впоследствии обеспечить эффективную пропитку смолы полимерным связующим, результаты которой представлены в табл. 4.

Таблица 3. Гранулометрический состав катионита с механическими примесями после промывки

Размер фракции частиц, мм	Содержание фракции, %
Более 1,25	0
От 0,9 до 1,25	4,9
От 0,63 до 0,9	41,7
От 0,315 до 0,63	46,9
От 0,16 до 0,315	6,6
От 0,08 до 0,16	0
Менее 0,08	0
Менее 0,315	6,6

Таблица 4. Пропитка промытого катионита с механическими примесями

Параметр пропитки	Время, мин					
	Начало процесса	2	4	10	15	Окончание процесса, 21
Расход эпоксидной смолы, м^3/ч	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0
Расход отвердителя, м^3/ч	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0
Давление в контейнере P, ати	0,30	0,51	0,61	0,62	0,78	0,33

Время заполнения контейнера полимерным связующим составило 15 мин.

Промывка ОИОС в контейнере водой позволила провести последующую пропитку полимерным связующим без изменения его расхода в ходе этого процесса. При этом давление на входе в контейнер не превысило 0,78 ати (0,078 МПа). После завершения пропитки отобрали пробы компаунда для определения показателей качества.

Воды промывки поступали в отстойник, где после отделения мелких фракций шлам кондиционировали методом цементирования.

В ходе этого технологического процесса соблюдались следующие параметры:

- массовое соотношение отвердитель/эпоксидная смола — 0,6;
- расчетное содержание ОИОС в полимерном компаунде — от 59 до 71 мас. %;
- время пропитки — 11 — 15 мин;
- температура стенок контейнеров при пропитке не более 40 °C.

Продолжительность основных технологических операций при кондиционировании ОИОС, образовавшихся на ФГУП «РАДОН», на примере одного из контейнеров представлена в табл. 5.

Таблица 5. Продолжительность технологических операций

№ п/п	Наименование технологической операции	Продолжительность технологической операции, мин
1	Заполнение монжуса	8
2	Заполнение дозатора	21
3	Заполнение контейнера	8
4	Обезвоживание ОИОС в контейнере	19
5	Пропитка ОИОС эпоксидным компаундом	11
	Общее время, мин	67
	Объем обезвоженной ОИОС, м^3	1,2
	Производительность по обезвоживанию и пропитке, м^3/ч	1,1

Следует иметь в виду, что расчет производительности проведен без учета вспомогательных операций, поэтому реально она несколько ниже и составляет примерно 0,5 м^3/ч.

Подготовка комплекта документации по обоснованию соответствия полимерного компаунда на основе ОИОС требованиям нормативных документов

Согласно рекомендациям [7], для подтверждения соответствия РАО показателям качества и критериям приемлемости для захоронения необходимо использовать такой подход, как определение их характеристик и свойств до, в процессе и после кондиционирования, а для обеспечения достоверности получаемых результатов — применять аттестованные методики измерений.

В ФГУП «РАДОН» разработаны и действуют методики определения большинства необходимых показателей качества и критериев приемлемости. В то же время предприятие не располагало достаточным набором методик для определения показателей качества полимерного компаунда с включенными ОИОС и подтверждения их соответствия требованиям НП-019 [4], поэтому в 2022 г. в НПК были разработаны следующие недостающие методики измерений [6]:

- МИ-206-2022 (ФР.1.28.2022.44467) Методика измерений. Измерение содержания свободной жидкости в ионообменной смоле;
- МИ-207-2022 (ФР.1.28.2022.44463) Методика измерений. Определение показателей качества полимерного компаунда. Определение термической и радиационной стойкости полимерного компаунда, полученного при кондиционировании ионообменных смол, по показателю механической прочности (предела прочности при сжатии);
- МИ-208-2022 (ФР.1.28.2022.44465) Методика измерений. Определение показателей качества полимерного компаунда. Определение радиационной стойкости полимерного компаунда, полученного при кондиционировании ионообменных смол, по показателю изменения объема;
- МИ-209-2022 (ФР.1.38.2022.44462) Методика измерений. Определение показателей качества полимерного компаунда. Определение водоустойчивости (скорости выщелачивания радионуклидов трития и цезия-137), термической и радиационной стойкости полимерного компаунда, полученного при кондиционировании ионообменных смол.

Комплекс испытаний по определению свойств пожароопасности полимерного компаунда с включенными ОИОС проводили в аккредитованной лаборатории специализированной организации ФГБУ ВНИИПО МЧС России (аттестат аккредитации № ТРПБ.RU.ИНО2) в соответствии с ГОСТ 12.1.044 [9].

Подтверждение соответствия полимерного компаунда с включенными ОИОС Калининской АЭС показателям качества и критериям приемлемости для захоронения

В ходе проведенных испытаний определены следующие значения механической прочности образцов полимерного компаунда:

- для образцов без предварительного воздействия — от 6,1 до 10,61 МПа;
- для образцов после облучения — от 6,58 до 11,50 МПа;
- для образцов после термического воздействия — от 10,65 до 20,32 МПа.

Как видно из приведенных выше результатов, значения механической прочности для образцов полимерного компаунда, отобранных из всех контейнеров, превышают нормативное значение для цементного компаунда, составляющее 4,9 МПа.

В результате воздействия температуры и облучения этот показатель возрастает для всех образцов. Исходя из этого можно говорить о неизменности структуры полимерного компаунда с включенными ОИОС.

Следовательно, указанный полимерный компаунд соответствует требованиям НП-019 [4] по термической и радиационной стойкости и НП-093 [5] — по механической прочности.

Практически во всех случаях в результате облучения объем образцов уменьшался. Данное обстоятельство может обеспечить целостность контейнеров при их длительном хранении. Изменение объема образца во всех случаях не превышало 5 %. Так, показатель радиационной стойкости образцов полимерного компаунда на основе ОИОС превосходит нормативные требования для битумного компаунда [8]. Следовательно, по результатам определения изменения объема они соответствуют требованиям НП-019 [4] по радиационной стойкости.

Скорость выщелачивания ^{137}Cs, а также радиационная и термическая стойкость по данному показателю для образцов с включенными ОИОС достигла норматива по НП-019 [4] уже в первые сутки испытаний. Значения данного показателя по тритию для полимерного компаунда без термического и радиационного воздействия соответствовали требованиям НП-019 [3] на седьмые сутки. После термических и радиационных испытаний этот показатель уже в первые сутки находился в пределах нормативных значений.

В ходе определения газовыделения из полимерного компаунда было обнаружено, что максимальный прирост объема газовой фазы происходит в первые 15 минут твердения образца. Поскольку в начале оно характеризуется небольшим экзотермическим эффектом (до 40 °С), данный прирост, скорее всего, обусловлен температурным расширением воздуха внутри лабораторной установки. При хранении образцов полимерного компаунда прироста объема газовой фазы не наблюдается.

По результатам анализа ее состава, полученным путем измерения содержания вредных веществ в воздушной среде с использованием газоанализатора «Полар-2Ех», было обнаружено, что в ней присутствуют только соединения элементов, входящих в состав ОИОС (CO, NO_x, SO_2, H_2S, NH_3, CH_4). Их концентрация в газовой фазе не превышает показателей предельно допустимой концентрации (ПДК) соответствующих газов в воздухе рабочей зоны.

Исходя из указанных выше обстоятельств был сделан вывод о соответствии полимерного компаунда с включенными ОИОС требованиям

НП-093 [5] по выделению токсичных газов, аэрозолей и возгонов, а также по содержанию химических отравляющих веществ.

В ходе определения свойств пожароопасности полимерного компаунда на основе эпоксидных смол с включенными ОИОС, которое проводили в соответствии с ГОСТ 12.1.044-89 [9], было обнаружено, что испытуемые образцы имеют следующие характеристики:

- время достижения максимального перегрева составляет в среднем 189 с;
- температура воспламенения — 355 °C;
- температура самовоспламенения — 515 °C.

На основании требований РБ-155 (пункт 47) [7] время достижения максимального перегрева более 0,5 мин говорит о том, что компаунд не относится к твердым легковоспламеняющимся веществам (материалам).

Полученные величины температур воспламенения и самовоспламенения образцов полимерного компаунда свидетельствуют об исключении возможности их воспламенения при контакте с воздухом в течение 5 мин и об отсутствии способности к самонагреванию при контакте с воздухом без подвода энергии извне, т. е. о том, что данные образцы не относятся к веществам, способным к самовозгоранию.

По результатам определения критериев пожаробезопасности полимерный компаунд относится к горючим материалам средней воспламеняемости.

Следовательно, полимерный компаунд с включенными ОИОС соответствует требованиям НП-093 [5] по содержанию легковоспламеняющихся и самовозгорающихся веществ и способности к самовозгоранию.

Заключение

В 2022 г. НПК — Сергиево-Посадским филиалом ФГУП «РАДОН» выполнено кондиционирование 7,6 м^3 ОИОС Калининской АЭС.

С целью обоснования соответствия полимерного компаунда и упаковок с ним показателям качества и критериям приемлемости для захоронения разработаны, утверждены и аттестованы соответствующие методики измерения. В результате на предприятии получен полный комплект документации по подтверждению соответствия полимерного компаунда с включенными ОИОС требованиям НП-019 и НП-093.

На основании исследования проб полимерного компаунда, отобранных из всех контейнеров с ОИОС Калининской АЭС, кондиционированных с использованием опытно-промышленной установки, подтверждено соответствие конечного продукта и упаковок с ним показателям качества и критериям приемлемости для захоронения.

Литература

1. *Савкин А. Е., Карлина О. К.* Разработка технологии кондиционирования отработавших ионообменных смол // Радиоактивные отходы. 2018. № 1 (2). С. 54—61.
2. *Осташкина Е. Е., Савкин А. Е., Сластенников Ю. Т.* Опытно-промышленное кондиционирование отработавших ионообменных смол // Международная конференция МАГАТЭ по обращению с радиоактивными отходами «Solutions for a Sustainable Future». Австрия, Вена, 1—5 ноября 2021 г.
3. *Осташкина Е. Е., Савкин А. Е., Сластенников Ю. Т., Суменко А. В.* Опытно-промышленное кондиционирование отработавших ионообменных смол // Сборник докладов четвертого научно-технического семинара «Проблемы переработки и кондиционирования радиоактивных отходов». — Санкт-Петербург, 14—18 июня 2021 г.
4. НП-019-15. Сбор, переработка, хранение и кондиционирование жидких радиоактивных отходов. Требования безопасности.
5. НП-093-14. Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии. Критерии приемлемости радиоактивных отходов для захоронения.
6. *Осташкина Е. Е., Савкин А. Е., Камаева Т. С., Кузнецова Н. М.* Методическое сопровождение контроля соответствия показателям качества полимерного компаунда на основе радиоактивной отработавшей ионообменной смолы // Радиоактивные отходы. 2022. № 4 (21). С. 6—12. DOI: 10.25283/2587-9707-2022-4-6-12.
7. РБ-155-20. Руководство по безопасности при использовании атомной энергии. Рекомендации по порядку, объему, методам и средствам контроля радиоактивных отходов в целях подтверждения их соответствия критериям приемлемости для захоронения.
8. *Осташкина Е. Е., Савкин А. Е.* Радиационная стойкость органических компаундов для отверждения жидких радиоактивных отходов // Радиоактивные отходы. 2021. № 3 (16). С. 44—50. DOI: 10.25283/2587-9707-2021-3-44-50.
9. ГОСТ 12.1.044-89. Государственный стандарт Союза ССР. Система стандартов безопасности труда. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения.

Информация об авторах

Осташкина Елизавета Евгеньевна, ведущий инженер-технолог, Научно-производственный комплекс — Сергиево-Посадский филиал федерального государственного унитарного предприятия «Объединенный эколого-технологический и научно-исследовательский центр по обезвреживанию РАО и охране окружающей среды» (141335, Московская обл., Сергиево-Посадский городской округ, с. Шеметово, д. 5, тер. «Радон»), e-mail: EEOstashkina@radon.ru.

Савкин Александр Евгеньевич, кандидат технических наук, ведущий инженер-технолог, Научно-производственный комплекс — Сергиево-Посадский филиал федерального государственного унитарного предприятия «Объединенный эколого-технологический и научно-исследовательский центр по обезвреживанию РАО и охране окружающей среды» (141335, Московская обл., Сергиево-Посадский городской округ, с. Шеметово, д. 5, тер. «Радон»), e-mail: AESavkin@radon.ru.

Сластенников Юрий Тувиевич, ведущий инженер, Научно-производственный комплекс — Сергиево-Посадский филиал федерального государственного унитарного предприятия «Объединенный эколого-технологический и научно-исследовательский центр по обезвреживанию РАО и охране окружающей среды» (141335, Московская обл., Сергиево-Посадский городской округ, с. Шеметово, д. 5, тер. «Радон»), e-mail: YTSlastennikov@radon.ru.

Библиографическое описание статьи

Осташкина Е. Е., Савкин А. Е., Сластенников Ю. Т. Опыт ФГУП «РАДОН» по кондиционированию радиоактивных отработавших ионообменных смол Калининской АЭС // Радиоактивные отходы. 2023. № 3 (24). С. 6—13. DOI: 10.25283/2587-9707-2023-3-6-13.

FSUE RADON'S EXPERIENCE IN THE CONDITIONING OF SPENT RADIOACTIVE ION EXCHANGE RESINS FROM THE KALININ NPP

Ostashkina E. E., Savkin A. E., Slastennikov Yu. T.

Research and Production Complex — Sergiev Posad Branch of the Federal State Unitary Enterprise "Joint Ecological-Technological and Research Center for Disposal of Radioactive Waste and Environmental Protection", Sergiev Posad, Moscow region, Russia

Article received on April 4, 2023

The paper discusses the practice applied by FSUE Radon, namely, by the NPK — Sergiev Posad branch to the conditioning of spent ion exchange resins from the Kalinin NPP: they are immobilized within a polymer waste form using a purposely designed and manufactured pilot unit. Based on the laboratory and methodological capacities of the enterprises, the study demonstrates the compliance of the obtained polymer compound and the waste packages with relevant quality indicators and acceptance criteria provided for by the regulatory requirements.

Keywords: *radioactive waste, quality indicators, acceptance criteria, polymer compound, spent ion exchange resins, test procedures.*

References

1. Savkin A. E., Karlina O. K. Razrabotka tekhnologii konditsionirovaniya otrabotavshikh ionoobmennykh smol [The development of technology for conditioning spent ion exchange resins]. *Radioaktivnye otkhody — Radioactive Waste,* 2018, no. 1 (2), pp. 54—61.

2. Ostashkina E. E., Savkin A. E., Slastennikov Yu. T. Opytno-promyshlennoe konditsionirovanie otrabotavshikh ionoobmennykh smol [Pilot Industrial Conditioning of Spent Ion Exchange Resins]. *Proc. of the IAEA International Conference on Radioactive Waste Management: Solutions for a Sustainable Future.* Austria, Vienna, November 1—5, 2021.

3. Ostashkina E. E., Savkin A. E., Slastennikov Yu. T., Sumenko A. V. Opytno-promyshlennoe konditsionirovanie otrabotavshikh ionoobmennykh smol [Pilot Industrial Conditioning of Spent Ion Exchange Resins]. *Sbornik dokladov chetvertogo nauchnotekhnicheskogo seminara "Problemy pererabotki i kondicionirovaniya radioaktivnyh othodov" [Proc.of the fourth scientific and technical seminar "Problems of Radioactive Waste Processing and Conditioning"].* Saint-Petersburg, June 14—18, 2021.

4. NP-019-15. *Sbor, pererabotka, khraneniye i konditsionirovaniye zhidkikh radioaktivnykh otkhodov. Trebovaniya bezopasnosti* [Collection, Processing, Storage and Conditioning of Liquid Radioactive Waste. Safety Requirements].

5. NP-093-14. *Federal'nyye normy i pravila v oblasti ispol'zovaniya atomnoy energii. Kriterii priyemlemosti radioaktivnykh otkhodov dlya zakhoroneniya* [Federal Norms and Rules in the Field of Atomic Energy Use. Radioactive Waste Acceptance Criteria for Disposal].

6. Ostashkina E. E., Savkin A. E., Kamaeva T. S., Kuznetsova N. M. Metodicheskoe soprovozhdenie kontrolya sootvetstviya pokazatelyam kachestva polimernogo kompaunda na osnove radioaktivnoi otrabotavshei ionoobmennoi smoly [Methodological Support for Monitoring Compliance with Quality Indicators of a Polymer Compound Based on Radioactive Spent Resins]. *Radioaktivnye otkhody — Radioactive Waste,* 2022, no. 4 (21), pp. 6—12. DOI: 10.25283/2587-9707-2022-4-6-12.

7. RB-155-20. *Rukovodstvo po bezopasnosti pri ispol'zovanii atomnoy energii. Rekomendatsii po poryadku, ob"yemu, metodam i sredstvam kontrolya radioaktivnykh otkhodov v tselyakh podtverzhdeniya ikh sootvetstviya kriteriyam priyemlemosti dlya zakhoroneniya* [Safety Guidelines for Atomic Energy Use. Recommendations on the Procedure, Scope, Methods and Means of Radioactive Waste Control to Confirm their Compliance with the Acceptance Criteria for Disposal].

8. Ostashkina E. E., Savkin A. E. Radiatsionnaya stoikost' organicheskikh kompaundov dlya otverzhdeniya zhidkikh radioaktivnykh otkhodov [Radiation Resistance of Organic Compounds for LRW Solidification]. *Radioaktivnye otkhody — Radioactive Waste,* 2021, no. 3 (16), pp. 44—50. DOI: 10.25283/2587-9707-2021-3-44-50.

9. GOST 12.1.044-89. *Gosudarstvennyi standart Soyuza SSR. Sistema standartov bezopasnosti truda. Pozharovzryvoopasnost' veshchestv i materialov. Nomenklatura pokazatelei i metody ikh opredeleniya* [State USSR standard. System of labor safety standards. Fire and explosion hazard of substances and materials. Indicators and methods for fire-explosion hazard assessment].

Information about the authors

Ostashkina Elizaveta Evgenyevna, leading process engineer, Research and Production Complex — Sergiev Posad Branch of the Federal State Unitary Enterprise "Joint Ecological-Technological and Research Center for Disposal of Radioactive Waste and Environmental Protection" (5, Shemetovo village, ter. "RADON", Sergiev Posad city district, Moscow region, 141335, Russia), e-mail: EEOstashkina@radon.ru.

Savkin Alexander Evgenevich, Ph. D., leading process engineer, Research and Production Complex — Sergiev Posad Branch of the Federal State Unitary Enterprise "Joint Ecological-Technological and Research Center for Disposal of Radioactive Waste and Environmental Protection" (5, Shemetovo village, ter. "RADON", Sergiev Posad city district, Moscow region, 141335, Russia), e-mail: AESavkin@radon.ru.

Slastennikov Yuri Tovievich, lead engineer, Research and Production Complex — Sergiev Posad Branch of the Federal State Unitary Enterprise "Joint Ecological-Technological and Research Center for Disposal of Radioactive Waste and Environmental Protection" (5, Shemetovo village, ter. "RADON", Sergiev Posad city district, Moscow region, 141335, Russia), e-mail: YTSlastennikov@radon.ru.

Bibliographic description

Ostashkina E. E., Savkin A. E., Slastennikov Yu. T. FSUE Radon's Experience in the Conditioning of Spent Radioactive Ion Exchange Resins from the Kalinin NPP. *Radioactive Waste,* 2023, no. 3 (24), pp. 6—13. DOI: 10.25283/2587-9707-2023-3-6-13. (In Russian).