



**РАДОН**  
**РОСАТОМ**

# **ВАРИАНТЫ ОБРАЩЕНИЯ С ЖРО АЭС НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ**

---

**к.т.н. А.Е. Савкин, Ю.Т. Сластенников,  
Е.Е. Осташкина  
ФГУП «РАДОН»**

# Введение

При эксплуатации АЭС основными ЖРО являются:

- кубовые остатки (КО);
- отработавшие фильтроматериалы, в основном, ионообменные смолы (ИОС);
- шламы трапных вод (Ш).



# Опыт по переработке КО



- **глубокое упаривание** (Нововоронежская и Балаковская АЭС),



- **битумирование** (Ленинградская и Калининская АЭС),



- **ионоселективная очистка** (Кольская и Смоленская АЭС)



- **цементирование** (Ростовская АЭС).



## Сравнительные характеристики различных способов переработки кубовых остатков

Способ переработки	Коэффициент сокращения объема РАО	Качество конечного продукта	Место использования
<b>1. Цементирование</b>	<b>0,9 – 1,3</b>	Удовлетворительное	Ростовская АЭС
<b>2. Битумирование</b>	<b>1,5 – 2,5</b>	Хорошее	Ленинградская, Калининская АЭС
<b>3. Глубокое упаривание</b>	<b>2 – 3</b>	Низкое	Нововоронежская и Балаковская АЭС
<b>4. Ионоселективная сорбция</b>	<b>~100</b>	Высокое	Кольская и Смоленская АЭС

# Опыт ФГУП «РАДОН» по переработке ИОС



- сушка;
- обезвоживание;
- включение в неорганические и полимерные материалы;
- пиролиз;
- сверхкритическое водное окисление;
- пероксидное окисление;
- дезактивация

# Критерии оценки технологий переработки ИОС



РАДОН  
РОСАТОМ

- Соответствие требованиям нормативных документов продукта переработки;
- Удельная активность ИОС и наличие сертифицированной упаковки;
- Производительность установки;
- Референтность;
- Стоимость переработки

На ФГУП «РАДОН» разработана, изготовлена и испытана на реальных ИОС полномасштабная опытно-промышленная установка обезвреживания и включения ИОС в полимерный компаунд непосредственно в контейнере для захоронения.

# Опыт по переработке шламов



РАДОН  
РОСАТОМ

- Цементирование (ФГУП «РАДОН»)  
150 м<sup>3</sup>
- Горячее изостатическое  
прессование (ВНИИНМ)  
лабораторные эксперименты

# Варианты переработки и кондиционирования ЖРО АЭС



РАДОН  
РОСАТОМ

Вариант № 1: **раздельное цементирование всех типов ЖРО;**

Вариант № 2: **совместное цементирование всех типов ЖРО;**

Вариант № 3: **ионоселективная очистка КО + включение ИОС в полимерный компаунд + цементирование остальных типов ЖРО**



# Сравнение трех вариантов обращения с ЖРО АЭС



РАДОН  
РОСАТОМ

Проведем сравнение на примере проектных данных ЖРО АЭС «Аккую».

В блочном здании УКС с одного блока образуется 2900 м<sup>3</sup>/год трапных вод, из них получают КО 53,6 м<sup>3</sup>/год.

Годовой объем других ЖРО с одного блока составляет:

## **САО:**

*ИОС - 6,85 м<sup>3</sup>,*

*селективный сорбент (С) - 0,13 м<sup>3</sup>,*

*шлам (Ш) - 1,4 м<sup>3</sup>.*

## **НАО:**

*ИОС – 5,7 м<sup>3</sup>,*

*С - 0,13 м<sup>3</sup>*

# Сравнение трех вариантов обращения с ЖРО АЭС



РАДОН  
РОСАТОМ

## Вариант № 1

КО, ИОС, Ш и С отдельно цементируют и размещают либо непосредственно в контейнере, либо в 200-л бочках, которые устанавливают в контейнер.

Причем САО размещают в контейнере НЗК-150-1,5П ( $V = 1,35 \text{ м}^3$ , 90 % заполнения), а НАО – в КМЗ ( $V = 3,1 \text{ м}^3$ ). В контейнере НЗК-150-1,5П помещается четыре бочки, в КМЗ – пять.

*Принимаем следующие показатели цементного компаунда (ЦК):*

*Соленополнение ЦК – 30 масс. %.*

*Включение ИОС в ЦК – 10 масс. %.*

*Включение Ш в ЦК – 50 масс. %.*

*Включение С в ЦК – 30 масс. %.*

# Сравнение трех вариантов обращения с ЖРО АЭС



РАДОН  
РОСАТОМ

## Вариант № 2

КО и часть ИОС (САО), которую возможно включить в ЦК, отверждают совместно и размещают в контейнере НЗК-150-1,5П. С остальными ЖРО обращаются по варианту № 1.

## Вариант № 3

КО перерабатывают по технологии ионоселективной очистки (ИСО). При этом образуются следующие РАО:

- отработавший сорбент в фильтр-контейнере (ФК) в количестве 0,5 об. %;
- пульпа осадка от озонирования КО в количестве 0,5 масс. % (направляется на цементирование).

ИОС САО обезвоживают и включают в полимерный компаунд во вставку к контейнеру НЗК, а ИОС НАО – в контейнере КМЗ-РАДОН-ИОС.

Все шламы и сорбенты включают в цементный компаунд и размещают в контейнере для захоронения.

Объем кондиционированных ЖРО, направляемых на захоронение, при различных вариантах переработки и кондиционирования, м<sup>3</sup>/год



РАДОН  
РОСАТОМ

Тип ЖРО	Вариант переработки и кондиционирования			
	№ 1 без бочек	№ 1 с бочками	№ 2	№ 3
КО	40,84	68,9	40,84*	0,268 (ФК) + 0,95 (ЦК) = 1,22
ИОС САО	121,6	166,5	78,4	19,5
Ш САО	6,32	10,7	6,32	6,32
С САО	0,768	1,30	0,768	0,768
ИОС НАО	44,0	136,5	44,0	6,8
С НАО	0,33	1,04	0,33	0,33
ΣСАО	169,5	247,4	126,3	27,8
ΣНАО	44,3	137,5	44,3	7,13
ΣРАО	213,8	384,9	170,6	34,9



- Технология ИСО была апробирована на КО Нововоронежской АЭС-2 с реакторами ВВЭР-1200.
- Радионуклидный состав этих КО отличается от КО ВВЭР-440 и ВВЭР-1000 большей удельной активностью по радионуклидам сурьмы и меньшей удельной активностью по радионуклидам цезия, кобальта и марганца.
- Предварительные эксперименты показали, что в результате ИСО получают сухие соли с удельной активностью по бета-излучающим радионуклидам менее  $10^4$  Бк/кг.
- Коэффициент сокращения объема радиоактивных отходов составляет порядка **100**.

# Заключение



1 Предложены три варианта переработки и кондиционирования ЖРО ВВЭР-1200

Вариант № 1 – отдельное цементирование всех типов ЖРО.

Вариант № 2 - совместное цементирование КО и ИОС, отдельное цементирование остальных типов ЖРО.

Вариант № 3 – ионоселективная очистка кубового остатка, включение обезвоженных ИОС в полимерный компаунд и цементирование остальных типов ЖРО.

Проведено сравнение указанных вариантов на примере проектных данных АЭС «Аккую».

2 При использовании варианта № 3 объем кондиционированных ЖРО, направляемых на захоронение, составляет 34,8 м<sup>3</sup>/год, что значительно меньше, чем по вариантам № 1 и № 2 (214 и 171 м<sup>3</sup>/год соответственно).

3 Проведено опробование ионоселективной очистки кубового остатка Нововоронежской АЭС-2, подтвердившее расчетные величины коэффициента сокращения объема РАО.