



## **Технико-экономическое обоснование региональных производственно-логистических инфраструктур обращения с радиоактивными отходами в ЕГСО РАО**

Докладчик: д.т.н. Гупало В.С.

Директор по науке и инновациям  
АО «ВНИПИпромтехнологии»

Москва 2015

**В основе выбора наилучших вариантов были положены принципы:**

Максимального использования существующих установок на действующих предприятиях

Применения экономически эффективных полных технологических схем подготовки РАО к захоронению от момента образования до окончательной изоляции

Минимизации транспортных издержек при определении мест размещения пунктов переработки с учетом перспективных территорий расположения ПЗРО

# Структурирование РАО для обоснования варианта обращения с ними

Локальные стратегии предприятий ГК «Росатом»

ПРИКАЗЫ

Инвентаризация, регистрация, учет и классификация РАО

Параметры, определяющие выбор технологии переработки:

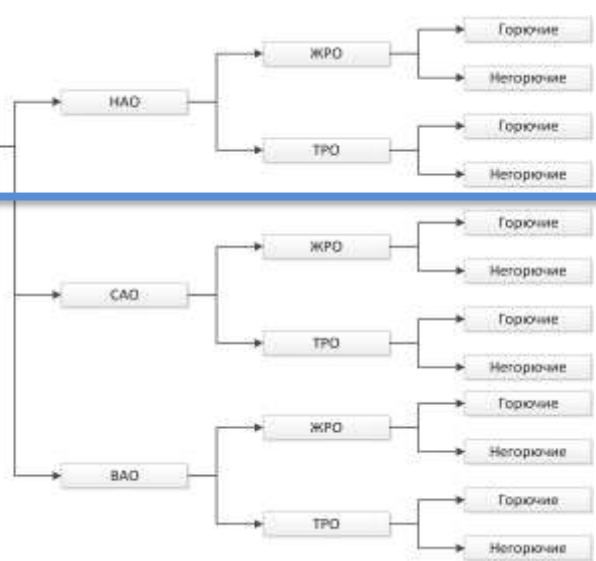
- генезис отходов и агрегатное состояние,
- физические и химические свойства,
- активность (радионуклидный состав).

Группировка по способам переработки

Код РАО

01  
02  
03  
04  
...

99



Итого: 252 разновидности РАО, различающихся способами подготовки

- Локальные стратегии обращения с РАО предприятий ГК «Росатом» с оценкой объемов накопленных «исторических» РАО и мест их хранения, прогнозов ежегодного образования РАО
- Данные СГУИК РВ и РАО
- Приказы ГК «Росатом» «Прогнозируемые объемы образования радиоактивных отходов»

# Существующие установки по переработке РАО

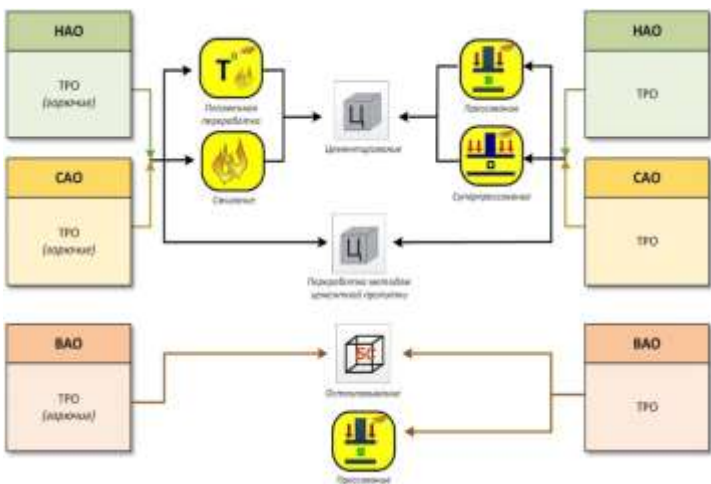
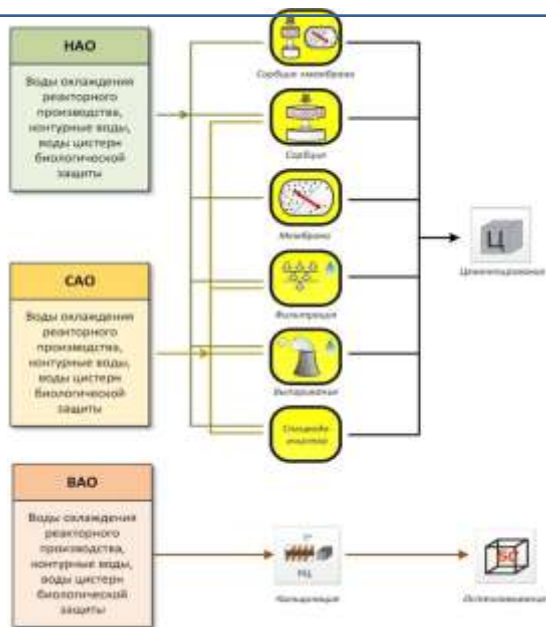
Год	2004 г.	2009 г.	2015 г.
Число эксплуатируемых промышленных установок	68	83	93

Тип установки	2004 г.	2009 г.	2015 г.
Битумирование	4	2	0
Цементирование	8	7	15
Остекловывание	2	2	2
Прессование	4	14	17
Сжигание	11	10	17
Деактивация	7	2	3
Переплавка металла	4	4	1
Сортировка и фрагментация, измельчение	0	3	14
Упаривание и доупаривание	7	21	15
Ионный обмен, ионоселективная сорбция, мембранная очистка	18	15	7
Осаждение и фильтрация	3	3	2

Владельцы	Количество установок (2015 год)
ОАО «Концерн Росэнергоатом»	42
ФГУП «РосРАО»	5
ФГУП «Радон»	8
ФГУП «ПО «Маяк», АО «СХК», ФГУП «ГХК»	17
Остальные	21

# Выбор оптимальных технологий по переработке РАО

Обобщенная схема этапов переработки РАО различных типов

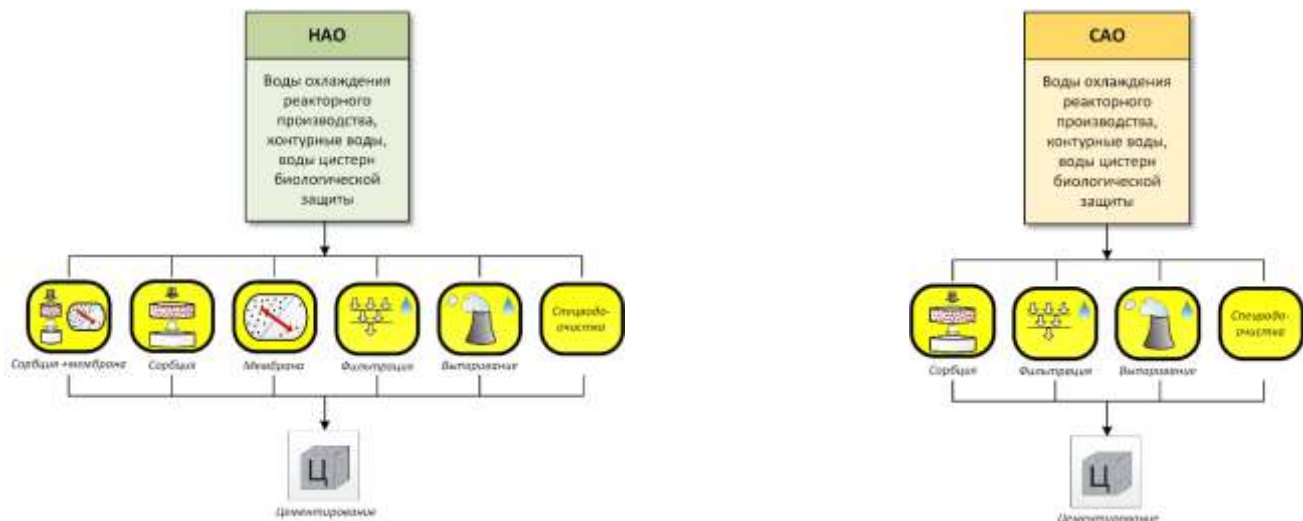


Тип РАО	Возможный первый этап переработки	Возможный второй этап переработки
Жидкие РАО (низкосолевые)	Осаждение	Цементирование
	Мембранно-сорбционная очистка	
	Сорбция	
	Коагуляция	
	Мембранная очистка	
	Выпаривание	
	Фильтрация	
	Сжигание	
Цементирование		
Жидкие РАО (высокосолевые)	Селективная очистка	Цементирование
	Кальцинация	
	Фракционирование	Остекловывание
	Цементирование	
ИОС	Сжигание	Цементирование
Горючие ЖРО Горючие ТРО	Пиролиз	Цементирование Прессование
	Плазменное сжигание	
Твердые РАО металлические негорючие	Прессование	Цементирование
	Суперпрессование	
	Дезактивация	
Переплавка		
Твердые РАО неметаллические негорючие	Сортировка	Цементирование
	Фрагментация	
	Переплавка пластика	
	Прессование	
	Суперпрессование	
	Дезактивация	
Цементирование		

Выделение стандартизированных установок – характеризующихся возможностью тиражирования, а также примерами длительного промышленного использования.



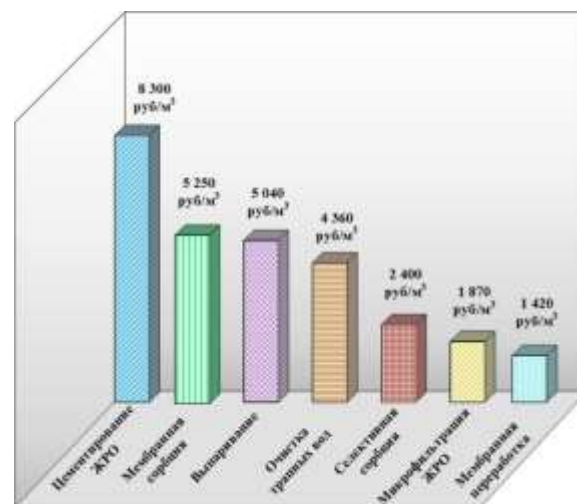
# Сравнительный экономический анализ характеристик установок по переработке



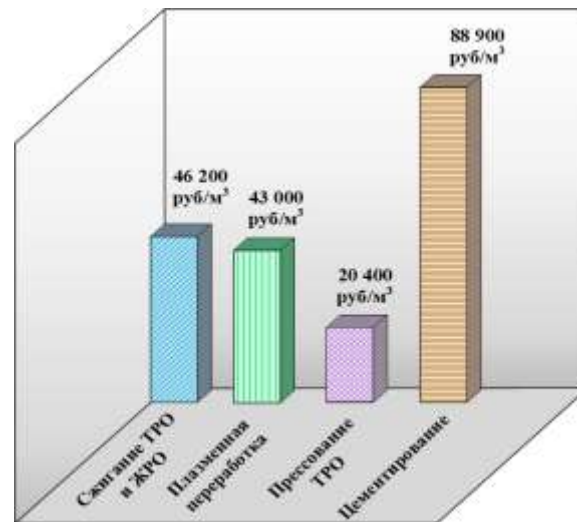
Наименование типа установки (комплекса)	Производительность	Коэффициент изменения объема	Кол-во потребляемой энергии в час (кВт)	Кол-во часов работы в год	Объем переработки, м <sup>3</sup> /год	Численность персонала	Стоимость установки (млн.руб.)	Срок эксплуатации, лет	Суммарные затраты, руб/м <sup>3</sup>	Затраты на захоронение, руб/м <sup>3</sup> начальный	Суммарные затраты на переработку и захоронение, руб/м <sup>3</sup>
Установка мембранно-сорбционная	0,98	0,01	1,50	3673,59	3600,00	8,00	70,00	10,00	5250,69	350,00	5600,69
Узел селективной сорбции радионуклидов	20,00	0,02	45,00	3673,59	73471,80	7,98	32,00	10,00	2391,83	700,00	3091,83
Установка мембранной очистки	23,85	0,01	25,00	3673,59	87600,00	8,00	70,00	10,00	1417,06	350,00	1767,06
Установка микрофильтрации ЖРО на керамических мембранах	10,00	0,01	30,00	3673,59	36735,90	11,97	90,00	10,00	1874,53	350,00	2224,53
Установка выпаривания (для переработки азотнокислых растворов)	1,00	0,08	8,50	3673,59	3673,59	7,98	45,00	10,00	5041,65	2800,00	7841,65
Установка очистки трапных вод	4,50	0,02	12,50	3673,59	16531,15	7,98	25,00	10,00	4359,40	700,00	5059,40
Установка озонирования ЖРО в составе установки очистки трапных вод	4,5	0,10	85,00	3673,59	16531,15	7,98	45,00	10,00	4359,40	700,00	5059,40

# Факторы, определяющие выбор стандартизированных установок переработки

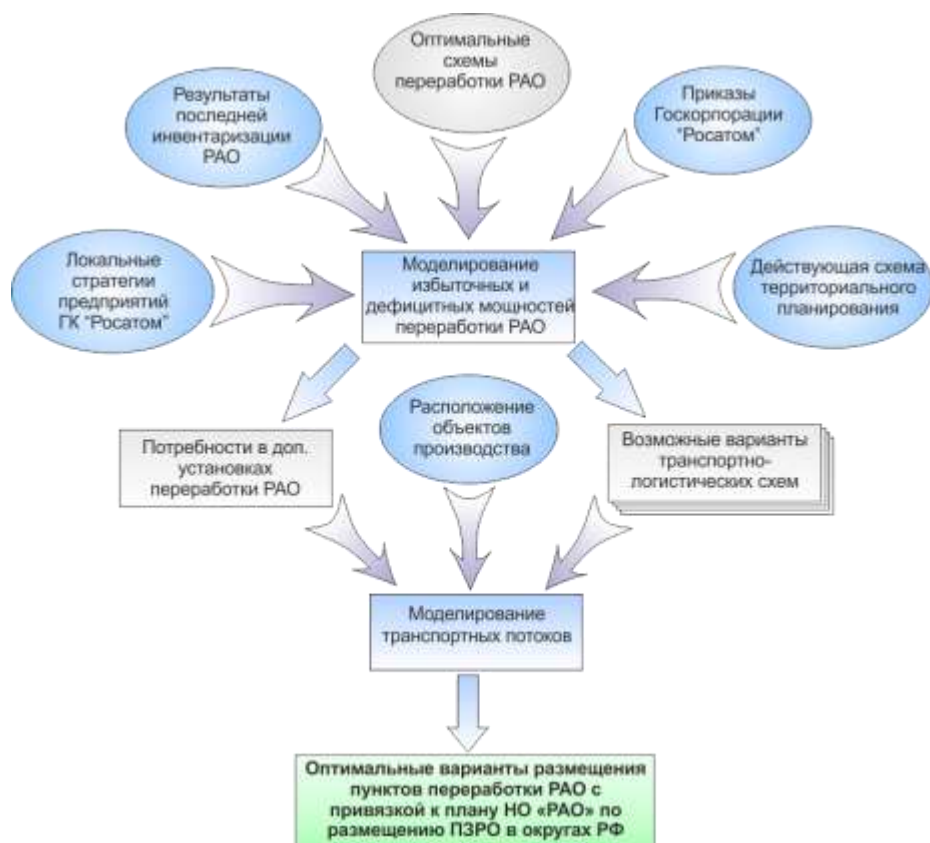
ЖРО	Высокая производительность	Уменьшение объема отходов	Низкие затраты на обращение	Широкий спектр применения
Цементирование	✓	✗	✓	✓
Остекловывание	✗	✗	✗	✓
Цементирование органических ЖРО	✓	✗	✓	
Сжигание органических ЖРО	✗	✓	✗	
Цементирование ИОС	✓	✗	✓	
Плазменное сжигание ИОС	✗	✓	✗	



ТРО	Высокая производительность	Уменьшение объема отходов	Низкие затраты на обращение	Широкий спектр применения
Цементирование	✓	✗	✓	✓
Прессование	✗	✓	✓	✓
Сжигание	✗	✓	✗	✓
Дезактивация	✓	✓	✓	✗
Плазменное сжигание	✗	✓	✗	✓

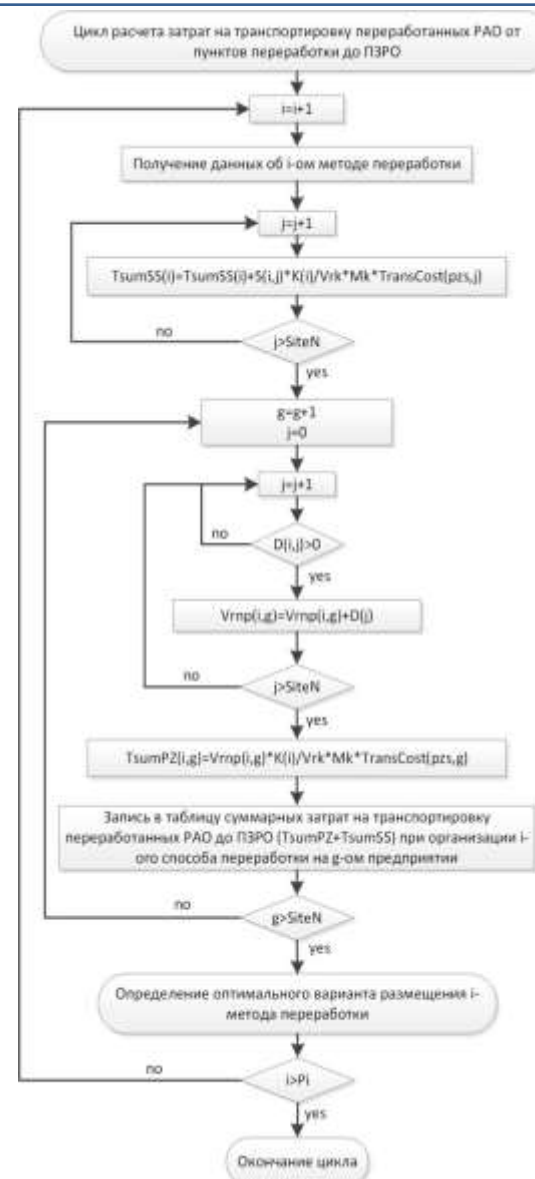


# Блок-схема моделирования транспортно-технологических процессов



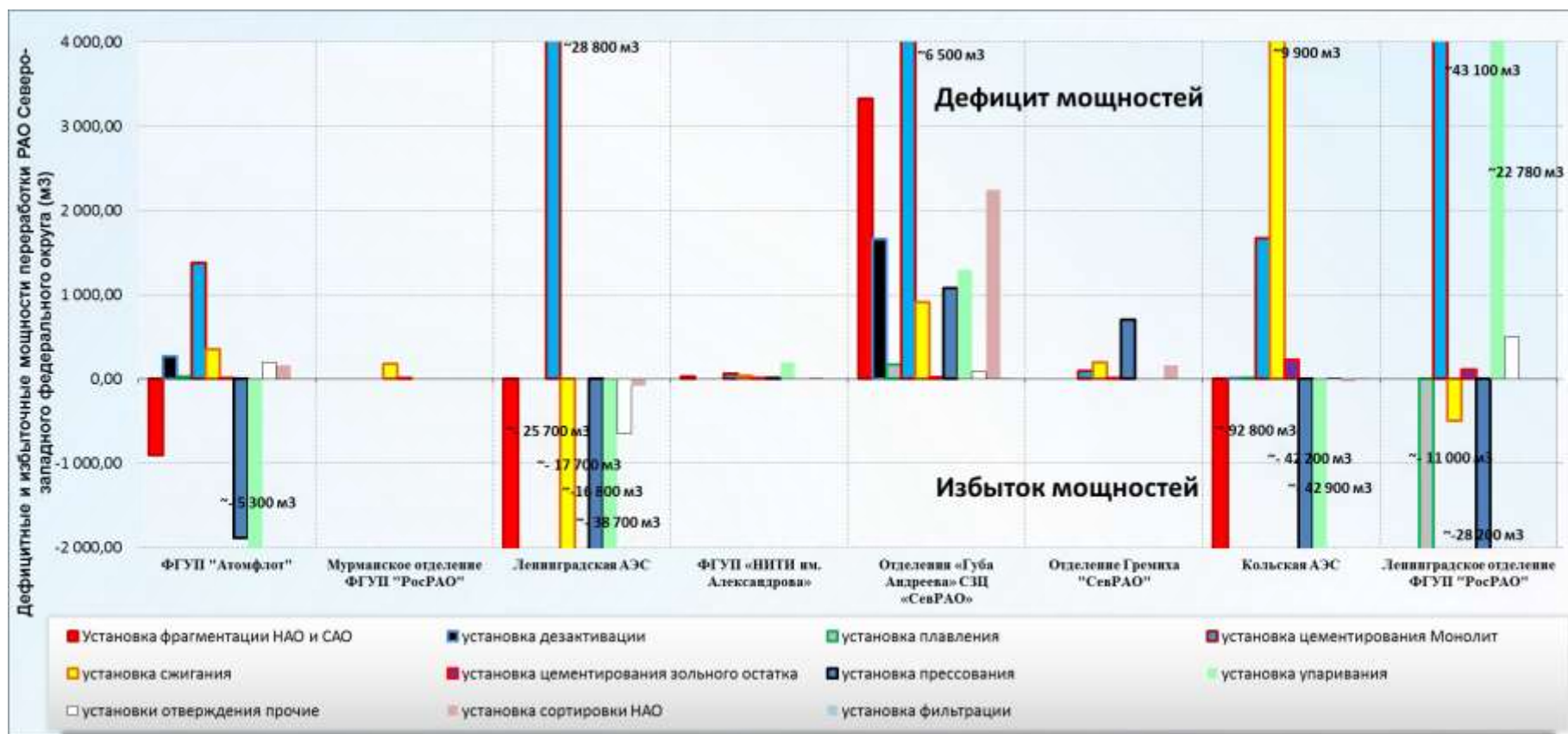
Использован метод прямого перебора, подразумевающий расчет всех возможных вариантов размещения установок и рассматриваемых альтернатив размещения ПЗРО, и для каждого из этих вариантов калькуляцию суммарных объемов транспортировки РАО

Блок-схема алгоритма моделирования представляет собой ряд последовательных циклов, перебирающих все рассматриваемые предприятия, существующие на них потоки РАО и цепочки переработки для каждого потока, формируя на выходе значения суммарных затрат на обращение.





# Результаты оценки дефицита и профицита мощностей по переработке РАО (С-3 округ)



## Возможность совместного использования:

- Установка фрагментации
- Установка сжигания
- Установка отверждения прочих РАО
- Установка прессования

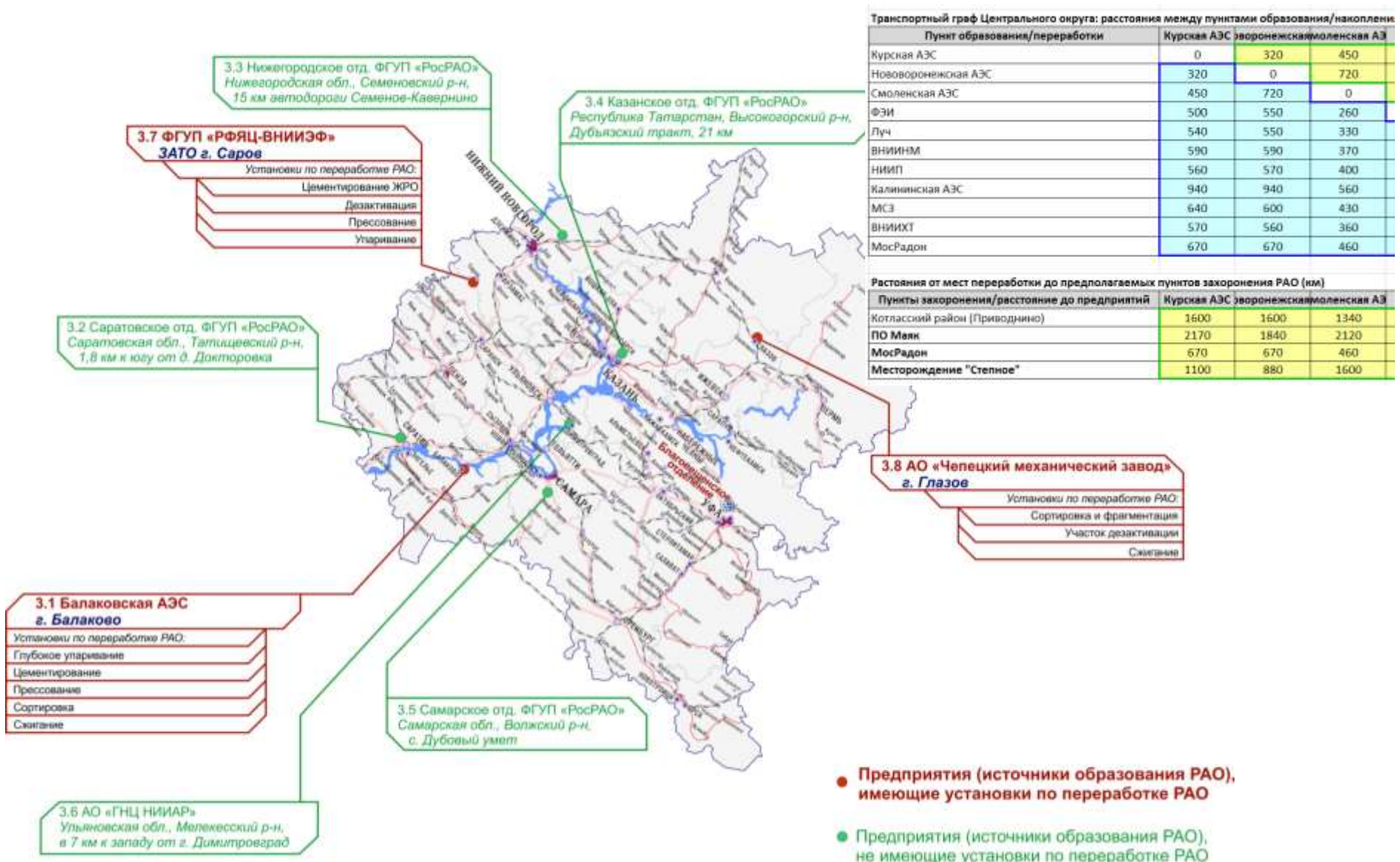
## Необходимость использования дополнительных мощностей:

- установка цементирования (более 6000 м<sup>3</sup>/год)
- комплекс дезактивации ТРО (150 м<sup>3</sup>/год)
- установка сортировки и фрагментации НАО и САО (460 м<sup>3</sup>/год)

# Результаты оценки дефицита и профицита мощностей по переработке РАО в РФ

<b>Центральный</b>	
комплекс сжигания и цементирования зольного остатка ~2150 м <sup>3</sup> /год	1
цементирование ТРО ~3800 м <sup>3</sup> /год	1-2
<b>Северо-западный</b>	
цементирование РАО более 6000 м <sup>3</sup> /год	2
комплекс сжигания и цементирования зольного остатка 900 м <sup>3</sup> /год	1
комплекс дезактивации ТРО 150 м <sup>3</sup> /год	1
установка сортировки и фрагментации НАО и САО 460 м <sup>3</sup> /год	1
<b>Приволжский</b>	
цементирование РАО ~1200 м <sup>3</sup> /год	1
комплекс дезактивации ТРО ~100 м <sup>3</sup> /год	1
установка плавления ~10 м <sup>3</sup> /год	1
<b>Уральский</b>	
компактирование РАО 20 000 м <sup>3</sup> /год	???
комплекс сжигания и цементирования зольного остатка 4 200 м <sup>3</sup> /год	2
комплекс дезактивации ТРО 300 м <sup>3</sup> /год	1
установка плавления 30 м <sup>3</sup> /год	1
установка сортировки и фрагментации НАО и САО 4000 м <sup>3</sup> /год	???
<b>Сибирский</b>	
цементирование РАО 7200 м <sup>3</sup> /год	2
комплекс сжигания и цементирования зольного остатка 4000 м <sup>3</sup> /год	2
<b>Южный</b>	
цементирования ТРО, со среднегодовой потребностью порядка 100 м <sup>3</sup>	мобильн.
<b>Дальневосточный</b>	
цементирования ТРО не менее 550 м <sup>3</sup> в год,	1
переработки ЖРО (не менее 500 м <sup>3</sup> в год)	1
сортировки и фрагментации ТРО не менее 180 м <sup>3</sup> в год	1

# Привязка объектов обращения с РАО к транспортной инфраструктуре



# Перечень площадок ПЗРО принятый к рассмотрению



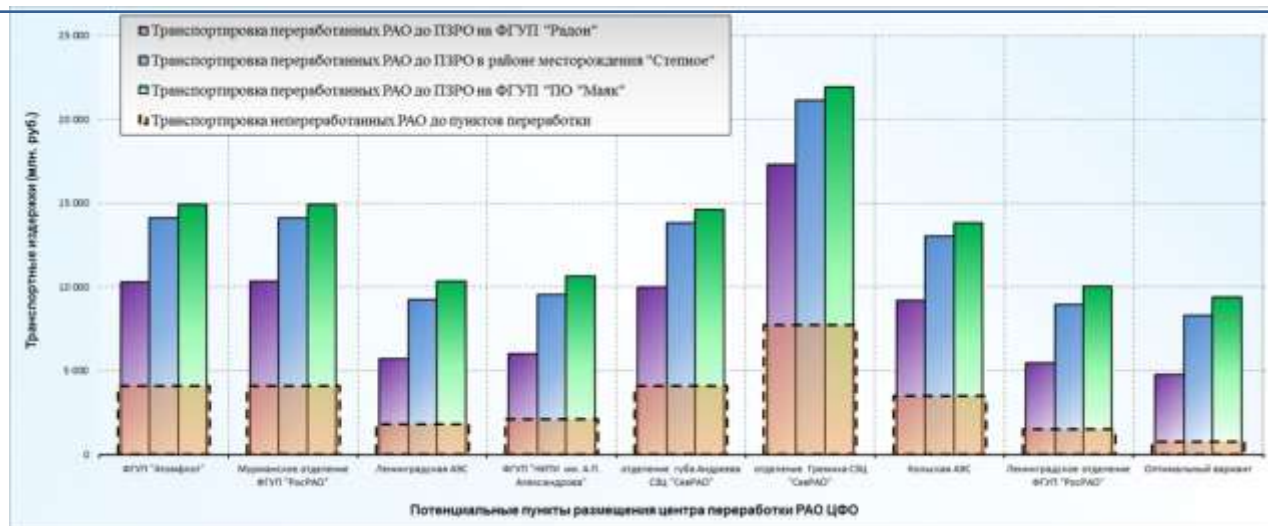
№ п/п	Объект захоронения радиоактивных отходов	Место расположения	Статус
1	Полигон глубинного захоронения жидких радиоактивных отходов АО «ГНЦ НИИАР»	Ульяновская область, г. Димитровград	действующий
2	Полигон глубинного захоронения жидких радиоактивных отходов	Красноярский край, г. Железногорск	действующий
3	Пункт глубинного захоронения жидких радиоактивных отходов «Полигон площадок 18 и 18а»	Томская область, муниципальное образование «ЗАТО Северск»	действующий
4	Пункт глубинного захоронения радиоактивных отходов	Нижне-Канский массив, Красноярский край	планируемый
5	Пункт захоронения радиоактивных отходов низкой и средней активности на промплощадке ФГУП «Радон»	Московская обл., Сергиево-Посадский р-н, муниципальное образование «Шеметовское сельское поселение» Московской обл.	планируемый
6	ПЗРО 3-го и 4-го классов при АО «УЭХК»	Свердловская область, муниципальное образование «Новоуральский городской округ»	планируемый
7	ПЗРО 3-го и 4-го классов при ФГУП «ПО «Маяк»	Челябинская область, муниципальное образование «Озерский городской округ»	планируемый
8	ПЗРО 3-го и 4-го классов при АО «СХК»	Томская область, муниципальное образование «ЗАТО Северск»	планируемый
9	Пункт захоронения радиоактивных отходов низкой и средней активности в районе месторождения «Степное»	Республика Калмыкия, Приютненский р-н, муниципальное образование «Нартинское СП» Приютненского р-на (близ п. Нарта)	планируемый



# Объекты транспортно-логистической инфраструктуры, принятые к рассмотрению





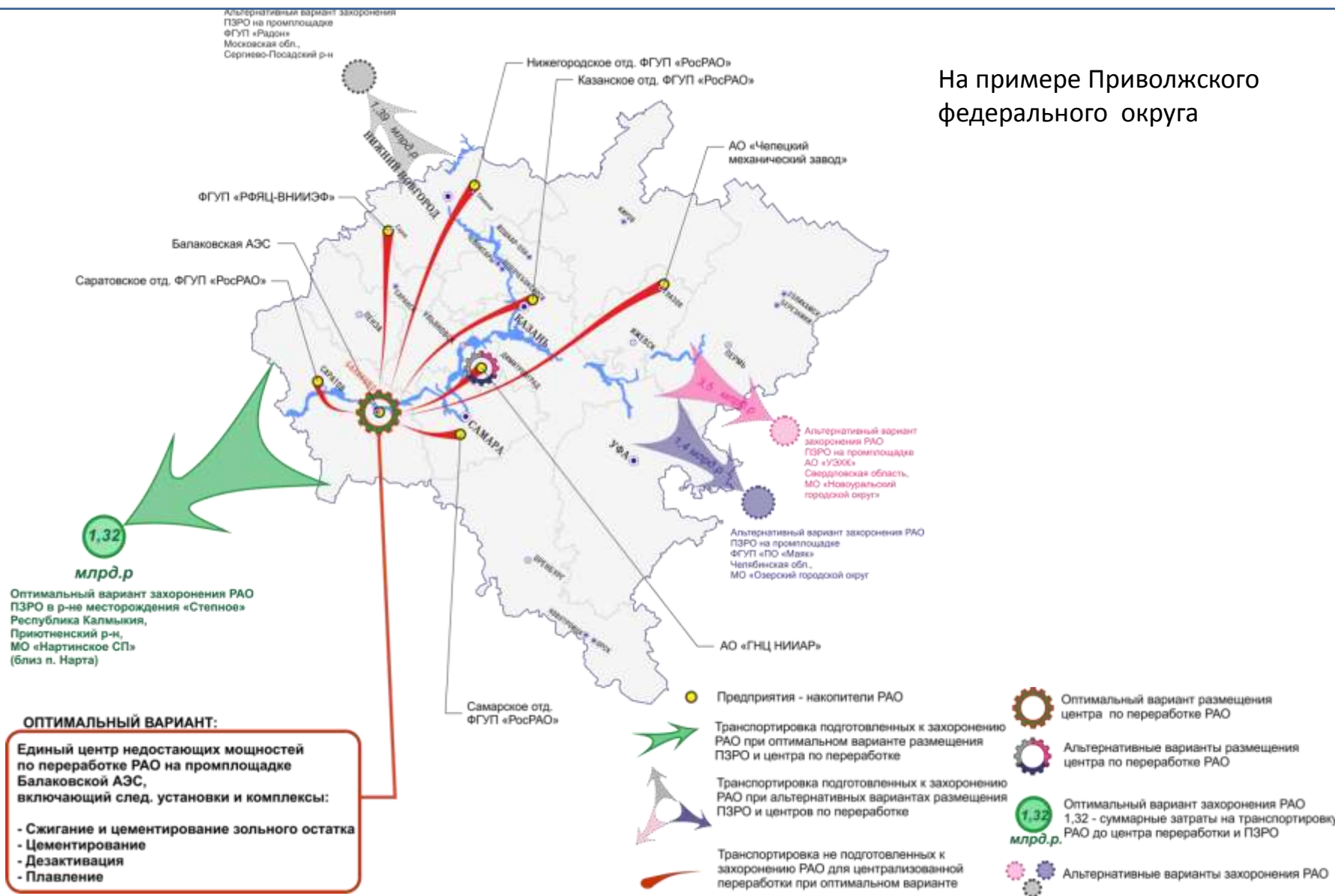


Суммарные затраты на транспортировку не переработанных потоков РАО Северо-Западного федерального округа от пунктов их образования до пунктов их переработки в зависимости от размещения комплексов переработки (млн. руб.)

Метод переработки	Потенциальные пункты переработки РАО							
	ФГУП «Атомфлот»	Мурманское отд. ФГУП «РосРАО»	Ленинградская АЭС	ФГУП «НИТИ им. А.П. Александрова»	отделение губа Андреева СЗЦ «СевРАО»	отделение Гремиха СЗЦ «СевРАО»	Кольская АЭС	Ленинградское отд. ФГУП «РосРАО»
установка фрагментации НАО и САО	36,47	34,14	120,58	120,33	1,04	124,42	46,78	120,58
установка дезактивации	17,86	19,27	69,82	69,82	3,02	71,14	26,16	69,82
установка плавления	1,79	1,93	6,98	6,98	0,30	7,11	2,62	6,98
установка цементирования Монолит	2 606,18	2 615,16	724,22	980,13	2 642,21	4 750,70	2 246,50	596,73
установка сжигания	138,76	141,62	357,75	357,47	150,56	433,11	27,33	357,75
установка цементирования зольного остатка	7,06	7,12	9,04	9,03	7,49	16,68	3,89	8,04
установка прессования	36,52	36,25	82,04	81,95	26,25	40,43	42,06	82,04
установка фрагментации ВАО	0,30	0,31	0,74	0,74	0,34	0,95	0,00	0,74
установка упаривания	816,51	815,60	251,49	249,76	830,81	1 452,45	700,17	48,54
установка цементирования ЖРО в бочках	375,58	375,88	45,08	87,62	389,60	666,75	322,07	96,33
установка мембранная	1,24	1,63	1,71	1,70	1,71	3,58	1,54	1,41
установка сорбционная (ионообменная)	14,25	14,26	2,76	3,77	14,76	25,04	12,07	1,16
установки отверждения прочие	18,41	20,25	14,55	14,55	20,20	40,77	18,43	10,09
установка сортировки НАО	30,17	30,26	96,56	96,36	8,26	89,77	39,55	96,56
установка сортировки САО	0,75	0,77	2,29	2,28	0,40	2,59	0,70	2,29
установки плазменной переработки	2,67	2,70	6,47	6,46	3,05	8,40	0,04	6,47
установка фильтрации	0,04	0,04	0,11	0,11	0,03	0,13	0,01	0,11
установка остекловывания	0,03	0,03	0,08	0,08	0,04	0,11	0,00	0,08
установка сортировки ВАО	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01
<b>Всего по размещению единого комплекса</b>	<b>4 104,58</b>	<b>4 117,24</b>	<b>1 792,29</b>	<b>2 089,15</b>	<b>4 100,10</b>	<b>7 734,13</b>	<b>3 489,92</b>	<b>1 505,75</b>

# Приоритетные решения по размещению центров переработки и площадок для захоронения

На примере Приволжского федерального округа



## **1. Приоритетное размещение центров переработки (на основе решения транспортно - логистической задачи):**

Северо-западный ФО – район расположения ЛАЭС, ФГУП «РосРАО» (г. Сосновый Бор)

Центральный ФО – район ФГУП «Радон» (г. Сергиев-Посад), районы расположения Курской или Нововоронежской АЭС.

Приволжский ФО – район расположения НИИАР (Дмитровград) и район расположения Балаковской АЭС (Балаково)

Уральский ФО – площадка ФГУП «ПО «Маяк» (Озерск)

Сибирский ФО – площадки АО «СХК» (Северск) и ФГУП «ГХК» (Железногорск)

Дальневосточный – район филиала «ДальРАО» отд. Фокино (г. Фокино)

Южный и Северо-кавказский ФО – рекомендовано использовать мобильный центры переработки, либо осуществлять переработку РАО в Центральном или Приволжском ФО.

## **2. Для завершения оптимизации планируется:**

Выполнение межрегиональной оптимизации

Сравнительный анализ затрат на перевозки авто/ ж-д транспортом

Оценка суммарных нагрузок на ПЗРО при различных сценариях организации транспортно-логистических схем

Учет влияния объемов РАО, образующихся при выводе из эксплуатации, на полученные результаты

# Благодарим за внимание!

**Гупало Владимир Сергеевич**

Директор по науке и инновациям  
АО «ВНИПИпромтехнологии»

+7 (499) 324-8700

+7 (985) 763-3424

e-mail: [Gupalo.V.S@vnipipt.ru](mailto:Gupalo.V.S@vnipipt.ru)