



РОСАТОМ

**НИАЭП**

ГОСУДАРСТВЕННАЯ КОРПОРАЦИЯ ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ «РОСАТОМ»



ПРЕДПРИЯТИЕ ГОСКОРПОРАЦИИ «РОСАТОМ»

# **ГИБКАЯ АДАПТИРУЕМАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ДЕЗАКТИВАЦИИ ОБОРУДОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ**

**А.В. Зинин, главный технолог**

**В.А. Максимец, зам. начальника отдела**

Эксплуатационная проблема – накопление на внутренних поверхностях оборудования отложений, содержащих нерастворимые соединения и радионуклиды.

Последствия:

- снижение эффективности теплообменного оборудования и, в конечном счете, КИУМ АЭС;
- увеличение дозозатрат при ремонте оборудования.

Проблема при выводе из эксплуатации – накопление на внутренних поверхностях оборудования и помещений отложений, содержащих радионуклиды.

Последствия:

Значительное количество радиоактивных отходов, образующихся при демонтаже оборудования и строительных конструкций;

Повышенные дозозатраты персонала при демонтаже

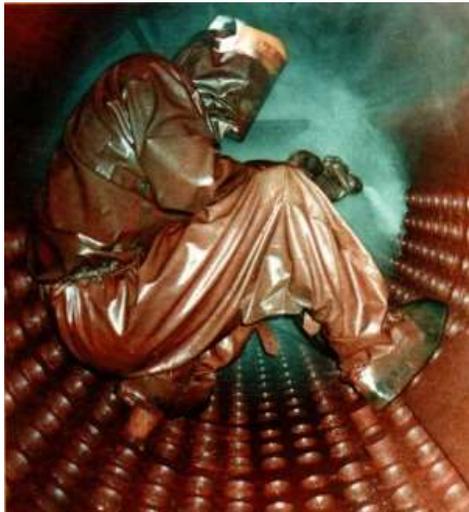
Дезактивация оборудования и  
строительных конструкций – обязательная  
процедура обоих периодов жизненного  
цикла ОИАЭ

Используемые сегодня методы и технологии реагентной дезактивации достигли своего технологического предела и **несовершенны с точки зрения**

- **эффективности**
- **возникновения вторичных отходов**

## Механический

Физическое удаление  
загрязнений



## Химический

Химическое удаление  
реагенты –кислоты,  
щелочь



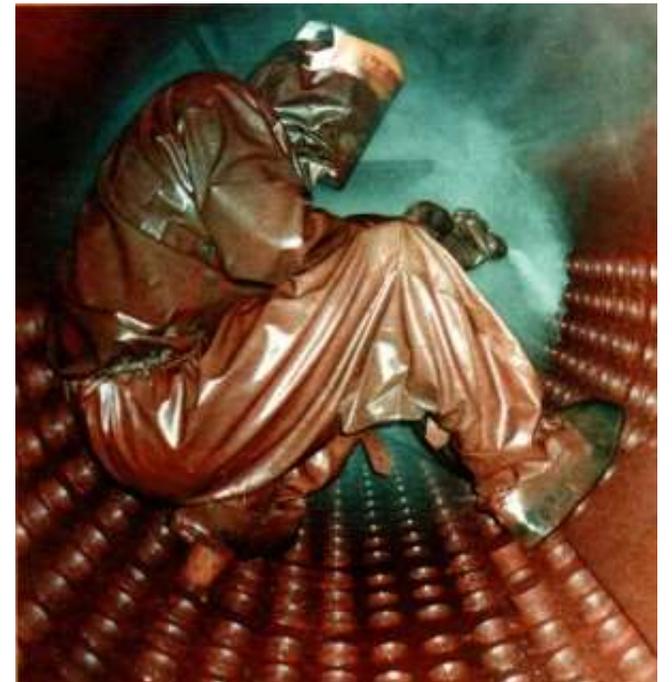
## НКТ

Физико-химическая  
кавитация



## Ограничение применения :

- Условие доступности пространства
- Требуется фрагментации оборудования



Ограничение применения :

- ✓Применим для мелкогабаритного МРАО
- ✓Необходимы модули-установки
- ✓Использование растворов минеральных реагентов, переходящих во вторичные РАО

Модуль для дезактивации

НО-145



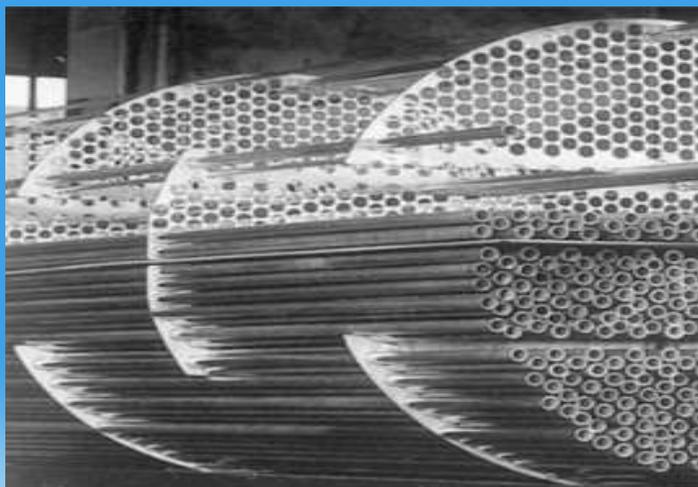
## Ограничение применения :

- ✓ Значительное количество используемых растворов минеральных реагентов (вторичные РАО)
- ✓ Воздействие на материал оборудования

# ПРОБЛЕМЫ ДЕЗАКТИВАЦИИ И ОЧИСТКИ ОТ ОТЛОЖЕНИЙ

1

Оборудование  
сложноконфигурировано



Труднодоступность  
поверхностей

2

Химически инертны к  
действию кислот



Свойства  
загрязнений

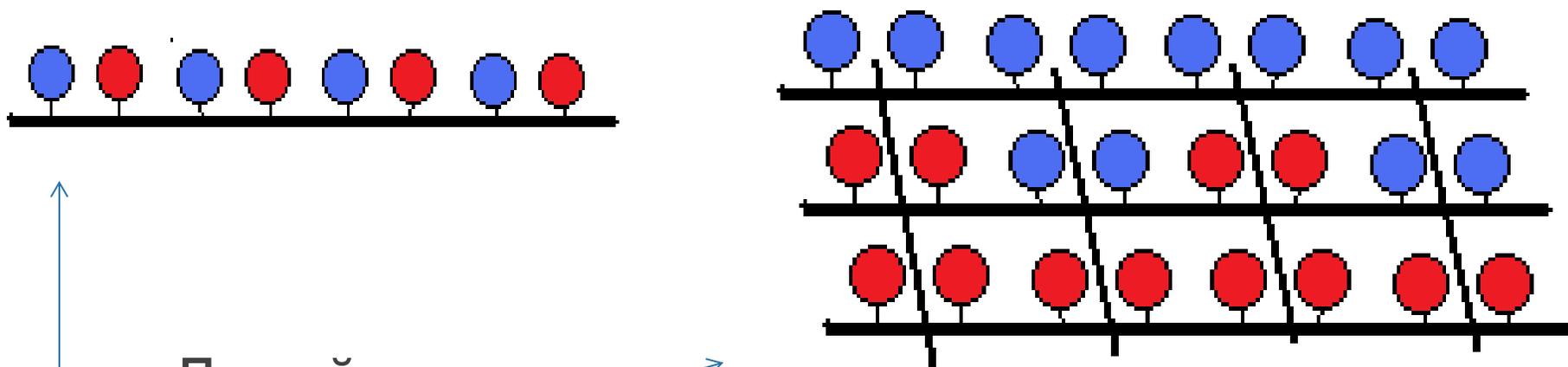
Существует более эффективный и технологичный метод дезактивации и снятия нерастворимых (карбонатных) отложений – условно именуемый **нанокавитационная технология (НКТ)**, который сегодня находится в стадии внедрения в промышленное производство и применение

# КРИТЕРИИ СРАВНЕНИЯ МЕТОДОВ



# Нанокавитант (НК)

## Синтетические высокомолекулярные органические соединения

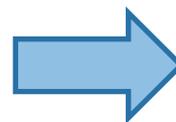


Линейное

Сетчатое

(супрамолекулярное)

Молекула органического полимера с кислородными (озонидными, эпоксо-, пероксо-) и азотными группами



на 1 ед.объема молекулы выделяется в 100 раз больше энергии при разрыве связей молекул

# Кавитация



Отложения:



**НК**

$\text{CaCO}_3$   $\text{MgSO}_4$   $\text{MgCO}_3$

**Действие НК:** разложение НК с разрывом молекулярных связей и формированием зон гидроударов (**кавитации**), в зоне которых давление достигает нескольких тысяч атмосфер, за счет которого происходит механическое разрушение отложений

## ПРЕИМУЩЕСТВА

---

- Дробление нереакционных отложений на труднодоступных и недоступных поверхностях с использованием химически инициируемой кавитации на границе раздела жидкой (нанокавитант) и твердой фазы.
- 100% распад продуктов реакции ( $H_2O$ ,  $O_2$ ,  $CO_2$ ,  $N_2$ ).
- Не требуется дополнительных воздействий (температура, катализаторы).

# Результаты

Достигнутые коэффициенты дезактивации и очистки		Процент разложения препаратов при упаривании	Технические решения по корректировке pH ЖРО, осаждение растворившихся солей	Стойкость металлов по отношению к препаратам) по ГОСТ 9.308-85	Возможности интенсификации процессов и достигнутый коэффициент
Использование нанокавитантов в отношении недиффундированных радиоактивных отложений на реальных образцах МРАО (концевые детали ТК, межтрубное пространство ТОСОС)	<p>КД=250</p> 	99,9%	Фильтрация или центрифугирование осадка. Безреагентная электрохимическая корректировка pH и электрохимическое безреагентное осаждение растворенных примесей	1-2 класс (перлитная и аустенитная сталь)	Ультразвуковая установка (в 2 раза) 
Использование нанопрооксидантов в отношении тестовых фиксированных образцов	<p>КД=160</p> 			5-6 (пониженно стойкие аустенитная сталь)	Электрохимическая установка (в 5-10 раз) 
Использование нанокавитантов для очистки от отложений сложноконфигурированного оборудования	<p>КО 100%</p> 	100%		1-2 класс (перлитная и аустенитная сталь)	Не требуется

# ПРЕИМУЩЕСТВА

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СТОИМОСТИ ЗАМЕНЫ КРУПНОГАБАРИТНОГО ТЕПЛООБМЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ АЭС И ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МЕТОДОМ КАВИТАЦИОННОЙ ВНУТРИКОРПУСНОЙ ОЧИСТКИ

(анализ проведенных тендеров с сайта Госзакупок <http://zakupki.gov.ru>)

Очищаемое пространство	№ конкурсной заявки	Цена, млн. руб.	Общий объем пространства, м <sup>3</sup>	Цена 1 м <sup>3</sup> , млн. руб.
<b>Замена (вывод из эксплуатации) теплообменного оборудования (демонтаж-фрагментация-деактивация химическая и/или механическая, хранение)</b>				
1. Вскрытие, демонтаж, монтаж и пуско-наладка нового	31300646309	6,24	10,0	<b>0,62</b>
2. Цена нового	31502006766	8,27	8,5	<b>0,95</b>
3. Химическая очистка ТО АЭС. Трубное пространство	ИТОГОВАЯ Средняя величина очистки, в т.ч.:			<b>2,12</b>
	31502240741	5,6	3,245	1,73
	31502762298	6,75	2,571	2,63
4. Фрагментация и переработка (уровень активности не выше НАО)	По данным Экомет-С	5,0	12,0	<b>0,42</b>
5. Захоронение 1 м <sup>3</sup> МРАО 4 класса национальным оператором (на 2016 год)	По данным Минприроды			<b>0,037</b>
<b>ИТОГО стоимость замены теплообменного оборудования в пересчете на 1 м<sup>3</sup> (без учета транспортировки МРАО)</b>				<b>4,1</b>
<b>Химико-кавитационная очистка (механическая очистка генерированием эффекта кавитации химическими препаратами)</b>				
Трубное и межтрубное пространство без вскрытия, демонтажа	Предложения	Для толщины отложений до 3 мм		0,05-0,85 (от 1 до 3 мм)
	Предложения	Для толщины отложений более 3 мм		1,0-1,5 (3-10 мм)
<b>СРЕДНЯЯ стоимость химико-кавитационной очистки на 1 м<sup>3</sup> очищаемого пространства</b>				<b>0,75 (0,05-1,5)</b>

Примечание. Стоимость приведена без учета количества образования и последующей переработке ЖРО и степени «запущенности» проблемы

# Выводы

---

- 1. Потребность в новых технологиях дезактивации существует и она востребована**
- 2. Традиционные технологии дезактивации могут быть заменены более эффективным методом НКТ**
- 3. Необходимо решить задачу перехода к новым технологиям дезактивации в масштабе отрасли**



НИКИМТ-АТОМСТРОЙ

ПРОЕКТИРОВАНИЕ, ПОСЛЕОПЕРАЦИОННОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ

---

**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ**

---

---

---



НИКИМТ-АТОМСТРОЙ

ПРОЕКТИРОВАНИЕ, ПОСЛЕОПЕРАЦИОННОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ

---

# ПРИЛОЖЕНИЕ

---

---

---

## Этапы программы:

I.	Формирование базы данных оборудования объектов отечественной атомной отрасли: По предприятиям : АЭС «Концерн Росэнергоатом», НПО «МАЯК», «ТВЭЛ», ФГУП «РосРАО», ФГУП «РАДОН», ЯОК.
II.	Формирование требований, критериев и ТЭО применения НК по различным направлениям использования
III.	Адаптация НКТ по направлениям использования

IV.	Аттестация технологий
V.	Проведение работ на объектах отрасли
VI.	Создание научно-исследовательской базы для проведения испытаний и разработки регламентов применения НКТ
VII.	Реализация стратегии продвижения технологий: <ul style="list-style-type: none"><li>• на действующих объектах</li><li>• на новых строящихся объектах</li><li>• на зарубежном рынке</li></ul>

# Состав базы по оборудованию

## Крупногабаритное

- Парогенераторы
- Конденсаторы пара
- Подогреватели воды и котлы
- Выпарные аппараты

## Теплообменники

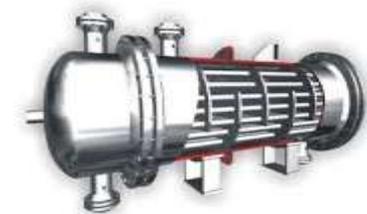
## Насосно-компрессорное оборудование

## Емкостное оборудование

## Оборудование систем вентиляции и пылегазоочистки

## Накопленные МРО

- Арматура
- Трубопроводы
- Инструменты и т.д.



# Группы НК

Группа НК	Назначение и основные свойства
<b>С ослабленным эффектом</b>	Разрушение малостойких биопленок, отсутствие воздействия на конструкционные материалы (дезинфектанты, средства борьбы с биообрастаниям).
<b>Средней активности</b>	Разрушение стойких отложений, удаление оксидных (коррозионных) окислов (дезактивирующие средства для оборудования и МРО со свойствами разрушения поверхностных радиоактивных слоев металла).
<b>Высокоактивные</b>	Разрушение особо стойких отложений (пирококсов, окаменевших нефтешламов - битумов).
<b>Сверхактивные</b>	В гражданской сфере не находят применения (отсутствуют задачи). Используются для уничтожения боеприпасов. Относятся к нелетальному оружию.

1. «Акт **внедрения** НК способа водоподготовки систем оборотного водоснабжения» от 12 октября 2010 года, заказчик ОАО «ТАТНЕФТЬ». Объект испытаний- система оборотного водоснабжения газоперерабатывающего завода г.Альметьевск.
2. «Акт **лабораторных испытаний** по договору № 2/1-08» от 20 апреля 2008 года, заказчик ОАО «ТАТНЕФТЬ». Объект испытаний – пилотная установка заказчика (цех № 5) с 6-ю типами НК на заборной и технологических водах.
3. «Контрольный акт **испытаний и внедрения** НК способа подготовки оборотной воды» заказчик ОАО «ТАТНЕФТЬ». Объект испытаний -система оборотного водоснабжения 9/10 в период с апреля по июль 2009 г. с использованием препаратов «Нанокавитант -1П» и «Нанокавитант – 2 ТМ».
4. «Акт **испытаний** (сводный) химикокавитационной технологии очистки типового теплообменного оборудования ТЭЦ и ГПЗ от отложений, коррозии и биообрастаний» от 2014 года. Объект испытаний – тестовые образцы элементов технологического оборудования (отрезки стальных труб с котла ТЭЦ КВТ-139 Республики Казахстан и с ГПЗ Республики Узбекистан).

5. «Акт **испытаний** нанокавитационного способа очистки (дезактивации) трубчатки конденсатора турбины от нереакционных отложений» от 30 мая 2011 года, лабораторные испытания на Курской АЭС, заказчик ОАО «ВНИИАЭС».
6. «Акт производственных **испытаний** нанокавитационной технологии очистки и дезактивации оборудования АЭС» от 4 ноября 2010 года , заказчик Курская АЭС. Объект испытаний- трубки с радиоактивным отложением.
5. «Акт **результатов проведения очистки** теплообменника ОВРД-21 энергоблока №1 с применением малореагентной технологии с использованием нанокавитантов» от 18 апреля 2014 года, заказчик Курская АЭС.
5. «Акт **проведения опытно-промышленной дезактивации** МРО с использованием малореагентной нанокавитационной технологии и дезактивирующих нанокавитационных рецептур» от 25 июля 2014 года, заказчик – Смоленская АЭС. Объект испытаний-образцы МРО-фрагменты технологических каналов- отрезки труб с наличием радиоактивности.

# ПЕРЕЧЕНЬ НКТ ПРЕДПРИЯТИЯ

Наименование	Назначение
1. <b>ДЕЗАКТИВАЦИЯ ВНУТРИКОРПУСНАЯ</b> крупногабаритного оборудования выводимого из эксплуатации	Малореагентная (условно безреагентная) дезактивация оборудования выводимого из эксплуатации перед фрагментацией
2. <b>ДЕЗАКТИВАЦИЯ ВНУТРИКОРПУСНАЯ</b> крупногабаритного действующего оборудования	Предремонтная малореагентная (условно безреагентная) дезактивация действующего оборудования в циклическом или циркуляционном режиме
3. <b>ДЕЗАКТИВАЦИЯ ПОГРУЖНАЯ МРО</b>	Дезактивация МРО (малореагентная, условно безреагентная)
4. <b>ДЕЗАКТИВАЦИЯ ПОГРУЖНАЯ</b> возвратного мелкогабаритного оборудования, приборов	Дезактивация возвратного оборудования малореагентная (условно безреагентная)
5. <b>ОЧИСТКА ВНУТРИКОРПУСНАЯ</b> крупногабаритного оборудования действующего	Очистка от отложений действующего оборудования в циклическом или циркуляционном режиме в ремонтный период малореагентная (условно безреагентная)
6. <b>ДЕЗАКТИВАЦИЯ ОБЪЕМНАЯ</b> поверхностей помещений и оборудования в ремонтный и послеремонтный период и при выводе из эксплуатации	ДЕЗАКТИВАЦИЯ ОБЪЕМНАЯ поверхностей помещений, оборудования и ФВС в ремонтный и послеремонтный период и при выводе из эксплуатации
7. <b>НАНОТРАНЗИТНАЯ ВОДОПОДГОТОВКА</b>	В разработке. Возможно, для систем спецканализации, замкнутых систем и циклов паро- и водоснабжения, выпарных систем
8. Гибкие адаптируемые системы биологической защиты и санитарно-гигиенического обеспечения промышленных объектов ( <b>ПРОФИЛАКТИЧЕСКАЯ</b> )	Обеспечение санитарно- гигиенического режима на объекте в период эксплуатации, ремонта и вывода из эксплуатации

- Впервые метод изучен и использован российскими военными микробиологами как эффективное средство разрушения биопленок и инкапсулятов возбудителей инфекционных заболеваний.
  - 2005 г.- НАНОБИОЦИДЫ с кавитационным эффектом производство «АБАК Боиперит» фирмы НПК «Биоэкопром». (для биологической защиты от инфекционных заболеваний человека, животных, растений)
  - 2008 г.- реализация технологии для очистки систем тех. водоснабжения и теплообменного оборудования в нефтехимической промышленности (ОАО «Татнефть» газоперегонный завод г.Альметьевск). До этого системы не очищались, только заменялись.
  - С 2011 г. применение препарата на АЭС для безразборной очистки теплообменного оборудования. (единичные заказы)
  - 2014 г. создание отдела «Дезактивации и очистки оборудования» на базе АО «НИКИМТ-Атомстрой»
- ✓ Акт проведения первого этапа опытно-промышленной дезактивации МРО с использованием малореагентной нанокавитационной технологии и дезактивирующих нанокавитационных рецептур. ОАО Концерн «Росэнергоатом» Смоленская атомная станция 2014 год.
- ✓ Акт испытаний нанокавитационного способа очистки трубчатки конденсатора турбины от нереакционных отложений 2014.

# Ультразвуковая установка



# Ультразвуковая установка

