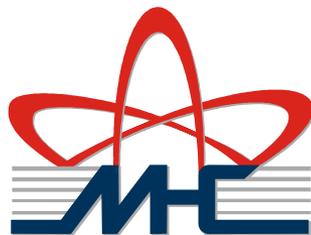




Российская Академия Наук



РОСАТОМ

Новые задачи в области переработки ОЯТ и обращения с РАО в двухкомпонентной ядерной энергетике

Мясоедов Б.Ф., академик

Председатель Межведомственного научного совета по радиохимии при Президиуме РАН и Госкорпорации «Росатом»

Научный руководитель ПННТР «Переработка ОЯТ и мультирециклирование ЯМ»

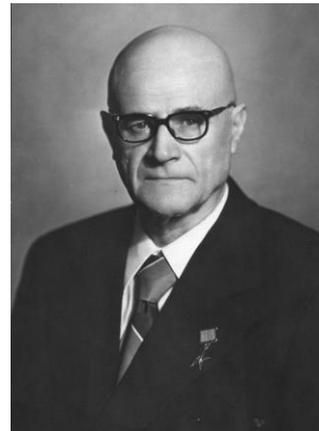
*Научно-техническая конференция «История, традиции, опыт, знания и кадры Атомной Энергетики как ресурсы развития в 21 веке»
Обнинск, 27 июня 2019г.*

МЕЖВЕДОМСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ СОВЕТ ПО РАДИОХИМИИ при Президиуме РАН и Госкорпорации «Росатом»

Совет создан в
1954 году
совместным
решением
Президиума АН
СССР и
Министерства
Среднего
Машиностроения



Виноградов А.П.
1895-1975



Никольский Б.П.
1900-1990



Никифоров А.С.
1926-1991



С 1989 г. Совет
возглавляет
Мясоедов Б.Ф.

- Координация исследований в области радиохимии между институтами РАН и организациями Росатома
- Подготовка и проведение российских и международных конференций и симпозиумов, а также молодежных школ и конференций
- Подготовка ежегодных отчетов о работе Совета и наиболее крупных достижениях в области радиохимии и радиохимической технологии
- Совещания по специальным проблемам: обращение с РАО, поведение радионуклидов в окружающей среде («горячие частицы»), проблемы ядерной медицины ($Tc-99m$) и использование радиационных эффектов в сельском хозяйстве
- Проведение Московского семинара по радиохимии
- Экспертная деятельность

ВСЕРОССИЙСКИЕ КОНФЕРЕНЦИИ ПО РАДИОХИМИИ И ЕЖЕГОДНЫЕ МОЛОДЕЖНЫЕ ШКОЛЫ И КОНФЕРЕНЦИИ

1994 – ОИЯИ, Дубна

1997 – НИИАР, Димитровград

2000 - Радиевый институт им. В.Г. Хлопина, С.-Петербург

2003 - ПО "Маяк», Озерск

2006 - ОИЯИ, Дубна

2009 - МосНПО «Радон», Московская обл.

2012 - НИИАР, Димитровград

2015 – ФГУП «ГХК», Железногорск

2018 - Радиевый институт им. В.Г. Хлопина, С.-Петербург



Пленарное заседание, РИ, 2018

Молодежные школы и конференции

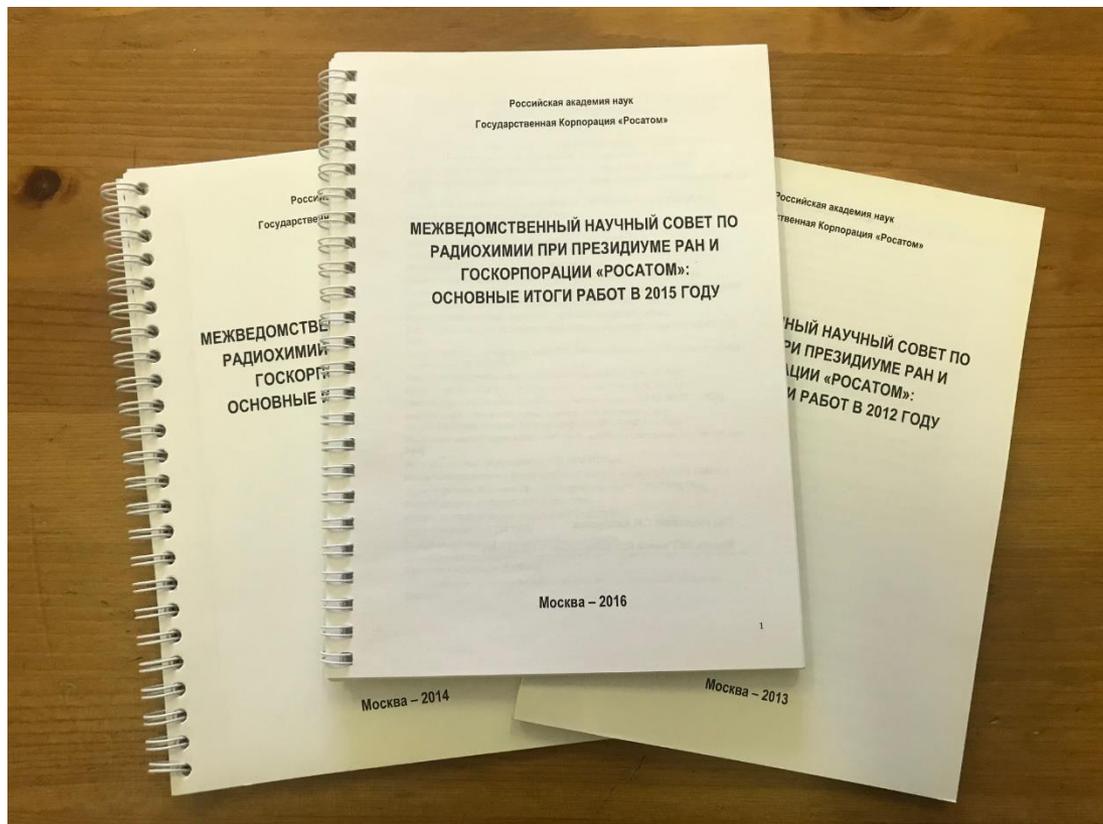
- Молодежные школы по радиохимии и радиохимическим технологиям (ПО «МАЯК», с 2004г.)
- Секция «Радиохимия и радиоэкология» международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых учёных «Ломоносов» (МГУ им. М.В. Ломоносова)



ЕЖЕГОДНЫЕ ОТЧЕТЫ МЕЖВЕДОМСТВЕННОГО СОВЕТА

РАН

ИФХЭ РАН
ГЕОХИ РАН
ИГЕМ РАН
ИБРАЭ РАН
ОИВТ РАН
ИВТЭ РАН
ИЯИ РАН
и другие



РОСАТОМ

АО ВНИИНМ
АО РИ
ВНИИХТ
ФГУП «ГХК»
ПО «Маяк»
АО СХК
ФГУП «Радон»
РосРАО
и другие

ВУЗы: МГУ, РХТУ, МИФИ и другие

Новые цели, задачи и подходы к реализации ЯТЦ

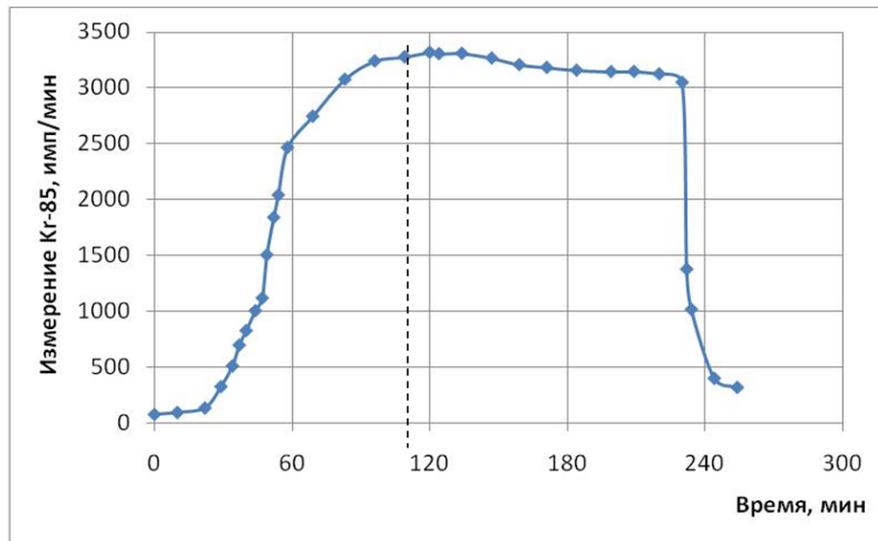
- Новые подходы к производству ядерного топлива
- Разработка новых технологий переработки гетерогенного и гомогенного ОЯТ, обеспечивающих рециклирование ядерных материалов (Ремикс-топливо), фракционирование, трансмутацию (ЖСР), оптимизацию обращения с РАО и вывода из эксплуатации ЯРОО
- Мультирециклирование ЯМ: более полное использование энергетического потенциала топлива при обеспечении экономичности, безопасности и минимизации объемов РАО
- ЖСР: для трансмутации долгоживущих изотопов ТУЭ с целью снижения радиотоксичности РАО и снижения сроков их хранения
- Уменьшение объемов ТРО и ЖРО
- Вывод из эксплуатации ЯРОО

	Стоимость, млн. руб.	
	2019	2019-2021
Всего - 21 проект	851,7	4036,1
I. Новые подходы (технологии) к реализации ЯТЦ		
7 проектов (33%)	555,2	2470,1
– Рециклирование ЯМ (Ремикс-топливо) (1)		
– ЖСР (1)		
– Инновационные технологии переработки ОЯТ и фракционирования РАО (2)		
– Изготовление ядерного топлива при использовании СВЧ излучения (1)		
– Отверждение и хранение/захоронение РАО (2)		
II. Сведения о проектах, направленных на решение актуальных проблем современного ЯТЦ		
14 проектов (67%)	296,5	1566,0
– Переработка ОЯТ (1)		
– Вывод из эксплуатации ЯРОО (5)		
– Обращение с РАО (8)		

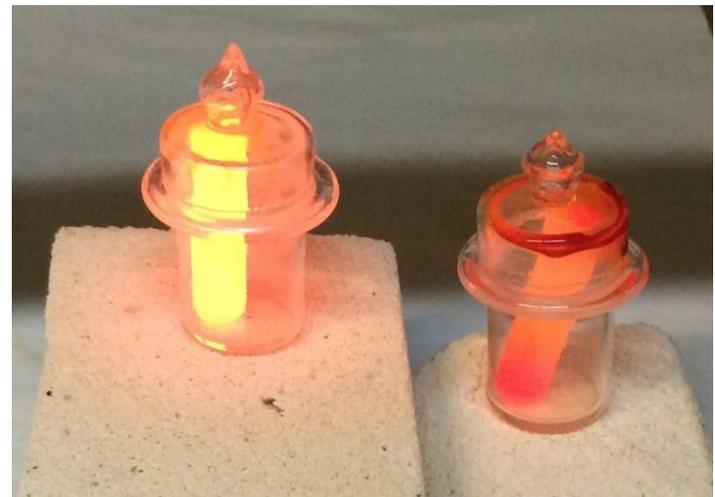
РАЗРАБОТКА НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПЕРЕРАБОТКИ ОЯТ ВВЭР

ГЕОХИ РАН, Радиевый Институт

- ОЯТ реактора ВВЭР-1000 количественно растворяется в слабокислых растворах нитрата Fe(III)
- Выделение U, Np, Pu экстракцией или осаждением пероксидов
- Выделение фракции минорных актинидов и РЗЭ в присутствии высаливателя
- Образующиеся РАО с высоким содержанием железа отверждают в железо-алюмофосфатном стекле или МКФ матрице



Выход ^{85}Kr в процессе растворения ОЯТ на
стенде Радиевого Института



Расплав железо-алюмофосфатного стекла

ВЫДЕЛЕНИЕ и РАЗДЕЛЕНИЕ Am и Cm

РИ, ИФХЭ РАН, МГУ, ПО «МАЯК», ВНИИНМ, НИИАР

- Проведены «горячие» динамические испытания технологии выделения Am и Cm из реальных ВАО ПО «Маяк» системой на основе ТОДГА. Достигнуто извлечение ТПЭ более 99,9 %
- На ПО «Маяк» проведены пилотные испытания разделения Am и Cm с использованием катионита. Получено около 65 г $^{241,243}\text{Am}$ с содержанием Cm < 0,8 % по массе, $^{154,155}\text{Eu}$ < 0,1% по активности



Макет хроматографической установки высокого давления (УХВД-100-2)

ВЫДЕЛЕНИЕ И РАЗДЕЛЕНИЕ Am И Cm ЭКСТРАКЦИОННЫМ МЕТОДОМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НОВЫХ ЭКСТРАГЕНТОВ

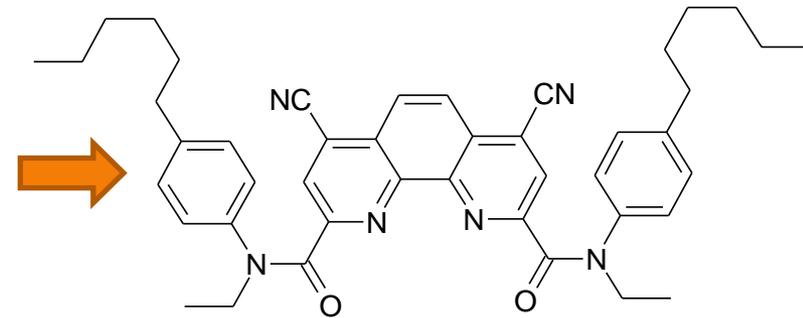
МГУ, РИ, ПО «МАЯК», ИНЭОС РАН

Квантово-химические расчеты

Синтез

Исследование экстракционной способности

Теоретически обоснован, синтезирован и экспериментально выбран радиационно устойчивый экстрагент на основе диамида фенантролин дикарбоновой кислоты, обеспечивающий рекордный коэффициент разделения пары Am/Cm



Основные характеристики экстрагента:

SF (Am/Cm): **6.3**

Радиационная стабильность: не менее **500 кГр**

Растворимость в F3: **0,2 М**

Обратимость экстракции

Выделен образец $^{241,243}\text{Am}$ с выходом и чистотой 99,9% с примесью Cm 0,1 масс.%

Разделение Am(V) и Cm(III) в растворе 8М NH₄NO₃ в 0,1М HNO₃ с использованием 30% ТБФ в Изопаре



Полученный по реакции (1) Am(VI) перед экстракцией из 0,1М HNO₃ в присутствии 8М NH₄NO₃ восстанавливали до Am(V) добавлением в раствор стехиометрического количества H₂O₂ в соответствии с реакцией (2)

Раствор		Концентрация, М			Коэффициент распределения		Степень извлечения, %		Коэффициент разделения	Коэффициент очистки
		Am(V)	Am(III)	Cm(III)	Am	Cm	Am	Cm	S _{Am/Cm}	K _{Am/Cm}
Исходный		2,87×10 ⁻⁴	–	2,23×10 ⁻⁶	0,46	30,7	31,4	96,9	67,3	21,8
После экстракции	ВФ	1,97×10 ⁻⁴	–	7,03×10 ⁻⁸						
	ОФ	–	0,90×10 ⁻⁴	2,16×10 ⁻⁶						

- В результате экстракции из водной фазы в органическую переходит до 97% Cm(III) и 31% Am(III)
- Оставшийся после экстракции в водной фазе Am(V) (99,96%) содержит примерно в 22 раза меньше Cm по сравнению исходным раствором – всего 0,04%.

Разработка исследовательской жидкосолевой реакторной установки, интегрированной с блоком переработки ОЯТ для утилизации минорных актинидов с целью снижения долговременной потенциальной опасности отходов от переработки ОЯТ энергетических реакторов. Этап 2019г.

Головной исполнитель – АО «ГНЦ НИИАР»

Научный руководитель – НИЦ «КИ»

Предполагаемые соисполнители – ФГУП АО НИКИЭТ, АО ОКБМ, РФЯЦ-ВНИИТФ, АО ВНИИНМ, ИВТЭ УрО РАН, УрФУ, ФГУ НТЦ ЯРБ

Содержание работ 2019:

- Экспериментальное обоснование технологий подготовки и переработки топливной соли ИЖСР
- Разработка концепции безопасности и расчет нейтронно-физических, тепло-гидравлических и радиационных характеристик, важных для ядерной и радиационной безопасности ИЖСР
- Разработка требований к облику реакторной жидкосолевой петли

К концу 2021 года должен быть разработан Технический проект жидкосолевой ампульной исследовательской установки для ИР

МИНЕРАЛОПОДОБНАЯ МАГНИЙ-КАЛИЙ-ФОСФАТНАЯ МАТРИЦА ДЛЯ ОТВЕРЖДЕНИЯ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ

ГЕОХИ РАН, ПО «Маяк», ГХК, СХК, ВНИИХТ, ВНИИНМ

- Образование и отверждение матрицы с РАО происходит при комнатной температуре и давлении с образованием малорастворимых фосфатов радионуклидов и металлов отходов
- Возможность отверждения РАО различного химического и радионуклидного состава (в том числе содержащих летучие радионуклиды)
- Отсутствует необходимость в создании и эксплуатации высокотемпературной установки (как в случае остекловывания)
- Отверждение ЖРО проводят в сертифицированном контейнере с мешалкой с последующим хранением/захоронением в данном контейнере
- Физико-химические свойства матрицы, включая скорость выщелачивания актинидов, отвечают НП-019-15 для стекла, получаемого при температурах $>1000\text{ }^{\circ}\text{C}$



Опытно-промышленная установка
«ПО «Маяк» в работе с 2016 года

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СВЧ ИЗЛУЧЕНИЯ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА

Росатом (РЕМИКС-процесс), ГЕОХИ РАН, МСЗ

- Получение керамических порошков диоксида урана и диоксида Pu, Pu из азотнокислых растворов, а также последующее спекание таблеток для приготовления уранового и смешанного-топлива
- Получение смеси диоксидов U, Pu, Np для изготовления нитридного топлива (Проект Прорыв)



Опытная СВЧ установка для спекания топливных таблеток (МСЗ)



Характеристики порошка и спеченных таблеток соответствуют нормативным требованиям к оксидному ядерному топливу

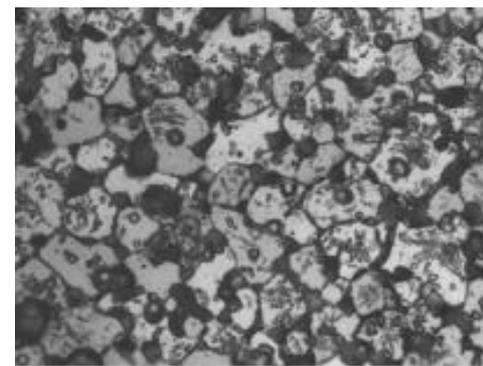
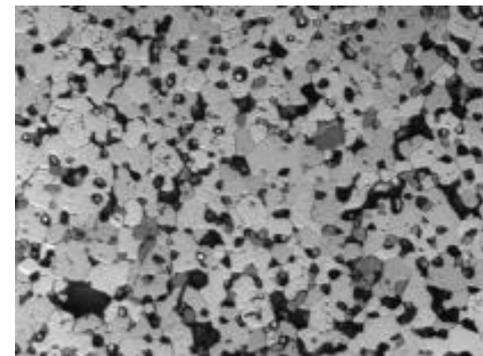
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СВЧ ИЗЛУЧЕНИЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СМЕШАННЫХ ОКСИДОВ АКТИНИДОВ ДЛЯ СИНТЕЗА ИХ НИТРИДОВ

ВНИИНМ, ГЕОХИ РАН, НИИАР, СвездНИИхиммаш, СХК (проект Прорыв)



Опытная СВЧ установка для получения смешанных оксидов актинидов (СХК)

- В ГЕОХИ РАН в лабораторных условиях показана возможность получения с использованием СВЧ излучения порошка $U(Pu,Np)O_2$ из азотнокислых растворов в атмосфере аргона с 5% водорода
- Нарботаны партии порошков смешанных оксидов урана с 20 и 30% Pu
- Использование СВЧ излучения для получения порошков U и Pu снижает объем жидких РАО с высоким содержанием актинидов в 4,5 раза



Микроструктура образца UN и UN с Се

На опытной СВЧ установке получены порошки диоксидов U и U с Се с последующим переводом в порошок нитридов, из которых изготовлены партии таблеток. Среднее значение плотности $12,1 \text{ г/см}^3$ соответствует нормативным требованиям

Спасибо за внимание!