

РАЗРАБОТКА ТЕОРИИ И ТЕХНОЛОГИИ УСКОРЕННОГО УМЕНЬШЕНИЯ АКТИВНОСТИ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ РАДИОНУКЛИДОВ

Руководитель проекта – доктор физико-математических наук,
профессор В.В Крымский

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Разработка теории и технологии ускоренного уменьшения активности больших объемов водных растворов радионуклидов.

ПУБЛИКАЦИИ

1 научная
статья

1 заявка на
изобретение

ИНДЕКСИРОВАНИЕ

1 статья
в Scopus/
WoS

ЗАДАЧИ ПРОЕКТА

- ➔ анализ имеющихся экспериментальных данных по изменению физических и химических свойств воды под действием наносекундных электромагнитных импульсов (НЭМИ);
- ➔ поиск наиболее эффективных способов воздействия НЭМИ; описание возможных химических реакций в воде.

ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОЕКТА

- ➔ Теория изменения свойств воды в импульсном электромагнитном поле.
- ➔ Теории изменения свойств радионуклидов в импульсном электромагнитном поле.
- ➔ Технология воздействия НЭМИ на большие объемы воды.
- ➔ Публикация научной статьи.
- ➔ Подача заявки на изобретение.
- ➔ Прикладная значимость результатов состоит в предложении вариантов конструкции установки для импульсной обработки радиоактивной воды.

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРАКТИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Перспективы практического использования связаны с изготовлением опытной установки и зависят от содействия ПО «Маяк».

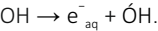
РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ В 2021 г.

В нашей работе для воздействия на водные растворы радионуклидов используются короткие однополярные электромагнитные импульсы без высокочастотного заполнения. Длительность импульсов составляет 1 нс, длительность нарастания импульсов 0,1 нс, частота повторения импульсов 1 кГц, амплитуда 10 кВ. Импульсы создаются специальным генератором. Генератор потребляет от сети мощность менее 50 Вт. Импульсная мощность в одном импульсе достигает 1 МВт. Частотный спектр импульсов составляет 10^{10} Гц.

В водную среду импульсы вводятся через излучатель. Излучатель может иметь форму прутка или пластины. С излучателем соединяется центральная жила кабеля от генератора. Оплетка кабеля соединяется с металлическим сосудом, в который наливается радиоактивная вода. Для увеличения эффективности излучателя его можно сделать в виде спирали. Экспериментально установлено, что оптимальное время обработки воды составляет 10–15 мин. Для обработки больших объемов воды требуется установка проточного типа. В

работе предложена конструкция установки с одним активным сосудом для обработки и двумя отстойниками.

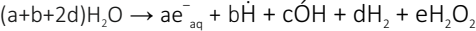
Теория воздействия импульсов на воду называется радиолизом. Процесс радиолиза включает несколько этапов. На первом этапе происходит возбуждение молекул воды. Следующий этап – диссоциация молекулы воды на ионы H^+ и OH^- . На третьем этапе отрицательный ион OH^- распадается на электрон e^-_{aq} и нейтральный радикал \dot{OH} .



Электрон гидратируется, т.е. отделяется от молекулы и переходит в водную среду.

Гидратированный электрон является одним из главных продуктов радиолиза воды и водных растворов. Для него были установлены следующие физические свойства: окислительно-восстановительный потенциал составляет $-2,7\text{ В}$; – средний радиус распределения заряда – $0,28\text{ нм}$.

На последнем этапе образуются молекулярные продукты радиолиза: водород и перекись водорода. Суммарное уравнение радиолиза имеет вид:



где: $a+b+2d=c+2e$.

Эти новые химические частицы реагируют с растворенными радионуклидами и они выпадают в осадок.

В одном из опытов были получены следующие результаты (см. таблицу 1).

Из таблицы 1 видно, что для некоторых радионуклидов произошло значительное уменьшение удельной активности.

В таблице 2 приведены значения коэффициента увеличения удельной активности радионуклидов для осадка после опыта по сравнению с исходным раствором.

Из таблицы 2 видно, что для всех радионуклидов произошло значительное увеличение их удельной активности в осадке.

В таблице 3 приведены значения коэффициента изменения активности радионуклидов на стенках сосуда после опыта по сравнению с исходным раствором.

Из таблицы 3 видно, что для большинства радионуклидов их активность на стенках сосуда на $2\div3$ порядка меньше их активности в исходном растворе.

Полученные результаты выше мирового уровня, поскольку в доступной литературе не описаны способы быстрого уменьшения активности радионуклидов.

Установка для обработки проточной радиоактивной воды содержит следующие элементы: сосуд активной обработки воды с излучателем и генератором наносекундных импульсов, 2 сосуда отстойника. Технология обработки заключается в следующих операциях. В сосуде активной обработки радиоактивная вода через спиральный излучатель подвергается воздействию наносекундных электромагнитных импульсов от генератора. В воде возникают гидратированные электроны. Они взаимодействуют с радионуклидами с образованием нерастворимых соединений, которые выпадают в осадок. Проходя через отстойники, вода очищается от радиоактивного осадка.

Радионуклид	Mn-54	Co-60	Nb-94	Sb-125	Ba-133	Cs-134	Cs-137
Коэффициент снижения	58	20	46	3,2	-	7,7	8,6

Таблица 1. Коэффициент снижения удельной активности в растворе после опыта

Радионуклид	Mn-54	Co-60	Nb-94	Sb-125	Ba-133	Cs-134	Cs-137
Коэффициент увеличения	6,7	5,3	5	6,8	7,9	5,6	7,2

Таблица 2. Коэффициент увеличения удельной активности в осадке после опыта

Радионуклид	Mn-54	Co-60	Nb-94	Sb-125	Ba-133	Cs-134	Cs-137
Коэффициент изменения	$0,5 \times 10^{-3}$	$0,9 \times 10^{-3}$	$7,1 \times 10^{-2}$	$0,8 \times 10^{-3}$	$1,5 \times 10^{-2}$	$2,5 \times 10^{-3}$	2×10^{-2}

Таблица 3. Коэффициент изменения удельной активности на стенках после опыта