

УДК 621.039

ТЕХНИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ И МЕТОДЫ ОЧИСТКИ ВОДЫ ОТ НЕРАСТВОРЕННЫХ РАДИОАКТИВНЫХ ПРИМЕСЕЙ

Коренкова Наталья Сергеевна, студентка 3 курса института мелиорации, водного хозяйства и строительства имени А.Н.Костякова, РГАУ МСХА имени К.А.Тумирязева, marinalesnova5@yandex.ru

Аннотация: разработана технология очистки жидких сред от нерастворенных радиоактивных примесей с использованием фильтроэлементов с наноструктурными мембранами. Представлена установка на их основе фильтров и систем очистки водных сред ядерных энергетических установок.

Ключевые слова: жидкие среды, радиоактивные примеси, фильтры, фильтроэлементы, мембранные фильтры, наноструктурные мембраны

Атомная энергетика - одна из самых развивающихся областей промышленности, что продиктовано постоянным ростом потребляемой электроэнергии.

На территории РФ находится порядка десяти действующих АЭС, более 10 тысяч предприятий и организаций, которые в своей производственной деятельности, научно-исследовательской работе и в медицинской практике используют различные установки на основе радиационных элементов.

Вопросы, связанные с необходимостью разработки методов очистки вод от радиоактивных загрязнений не теряют своей актуальности [1-4].

В настоящее время существуют самые разные способы очистки воды от радиоактивных примесей. Выбор метода в значительной мере зависит от ее радионуклидного состава, уровней активности и формы, в которой находятся основные дозообразующие радионуклиды.

Наиболее известными методами удаления радионуклидов из воды являются: термические, сорбционные, фильтрацией, мембранные, соосаждением и коагуляцией, ионного обмена, электродиализом и др. [1-4].

Предлагаемая технология очистки жидких сред от нерастворенных радиоактивных примесей с помощью фильтрующих элементов с наноструктурными мембранами обладает несомненными преимуществами по своей эффективности и универсальности.

Формирование наноструктурных мембран осуществлялось методом катодно-ионной бомбардировки, который был адаптирован для создания пористых наноструктурных мембран на поверхности различных пористых подложек.

Главная особенность технологии в том, что переход вещества из твердого состояния (катод) в плазменное, затем - в твердое (наноструктурная мембрана) осуществляется как единый неразрывный процесс за доли миллисекунд. Рабочая камера установки может быть вакуумирована или

содержать газ, необходимый для плазмохимических реакций с ионами плазмы, рис.1.

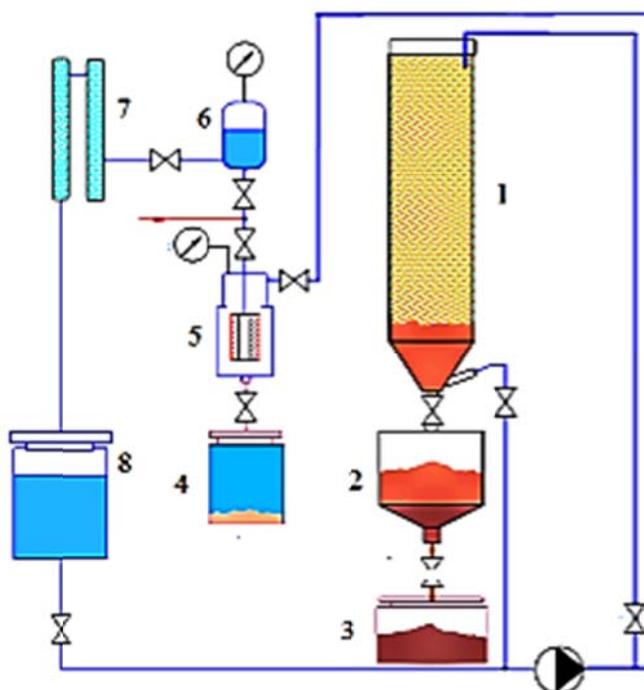


Рис.1. Принципиальная схема экспериментальной установки для исследования сорбционно-мембранных процессов очистки: 1-колонна статической сорбции; 2-шлюз; 3,4 –емкости сбора отработавшего сорбента; 5-мембранный фильтр; 6-гидроаккумулятор; 7-колонны динамической сорбции; 8-емкость сбора фильтрата

В ходе проведенных исследований были определены следующие оптимальные параметры технологии их получения:

- ток дуги между катодом и анодом $I_d = \text{от } 90 \text{ до } 140 \text{ A}$,
- напряжение между корпусом установки и подложкой $U_{\text{п}} = 0 - 300 \text{ B}$,
- ток фокусировки $i_{\text{ф}} = 0,1 - 0,5 \text{ A}$,
- ток стабилизации $i_{\text{ст}} = 0,05 - 0,15 \text{ A}$,
- давление рабочего газа или динамического вакуума в реакционной камере $P = 1,5 \cdot 10^{-1} - 2 \cdot 10^{-3} \text{ мм. рт. ст.}$

Всего в рамках проведенных исследований были испытаны более 40 типов мембран:

- однослойные однокомпонентные (Ti, Zr),
- однослойные многокомпонентные (Ti, Zr; TiN, ZrN),
- многослойные (Ti + Al).

Исследование режимов очистки воды от радиоактивных примесей проводили по следующим параметрам мембранной фильтрации жидких сред:

- эффективность очистки воды

$$S = [(A_{\text{исх}} - A_{\text{кон}}) / A_{\text{исх}}] \cdot 100 (\%),$$

где, $A_{\text{исх}}$ – радиоактивность воды до мембранного фильтроэлемента, Бк/л;

$A_{\text{кон}}$ – радиоактивность воды после мембранного фильтроэлемента, Бк/л.

- производительность очистки воды мембранным фильтроэлементом, л/мин.

Анализ экспериментальных кривых показывает, что зависимость количества фильтрата $Q(t)$ от времени может быть представлена в виде степенной функции

$$Q(t) = \alpha \cdot t^\beta.$$

Значения коэффициента α и показателя степени β приведены в таблице.

Таблица. Показатели зависимости $Q(t) = \alpha \cdot t^\beta$

Объем осадка трепел, мл	α , л	β , л	Объем фильтрата, л	t_{\max} , мин
50	0,87	0,73	5,4	12
100	0,63	0,68	7,3	36,5
150	0,57	0,68	3,3	13,2
200	0,65	0,60	2,5	10,0
250	0,36	0,71	1,8	8,3

Средняя производительность фильтрующего элемента с наноструктурной мембраной из Ti диаметром 70 мм и высотой 250 мм составляет ~ 180 л/ч. Полученные результаты доказывают стабильность фильтрационных свойств Ti – мембраны при добавках от 50 до 250 мл осадка трепела в объем мЖРО. Экспериментально было показано, что скорость фильтрации можно увеличить в 1,5 – 3 раза за счет увеличения перепада давления фильтрации на мембране до значений 3,5 – 4,5 атм.

Библиографический список

1. В.В. Григоров: «Очистка жидких сред от нерастворенных радиоактивных примесей с помощью фильтрующих элементов с наноструктурными мембранами» [2018].
2. Технология переработки радиоактивных отходов // ФГУП МосНПО «Радон»: [сайт]. [2011]. URL: <https://yandex.ru/images/search> (дата обращения 20.02.2021).
3. А.Г. Первов Современные высокоэффективные технологии очистки питьевой и технической воды с применением мембран: обратный осмос, нанофильтрация, ультрафильтрация: [сайт]. URL: <http://fictionbook.ru/author> (дата обращения 20.02.2021).
4. Л. Ф. Долина. Защита вод от радиоактивного загрязнения: Монография / Л. Ф. Долина, Е. Ю. Гунько, П. Б. Машихина. Д.: «ЛИРА», 2016 – 477 с.