

ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД, СОДЕРЖАЩИХ РАДИОНУКЛИДЫ, В ННЦ ХФТИ

В.М. Ажажа, В.В. Левенец, Ф.В. Ванжа, И.Л. Гнедая

*Национальный научный центр «Харьковский физико-технический институт»,
г. Харьков, Украина*

Рассмотрены вопросы, связанные с эксплуатацией системы очистки сточных вод в Национальном научном центре «Харьковский физико-технический институт». Исследован процесс их очистки от радиоактивных элементов. Рассмотрены основные количественные и качественные характеристики различных этапов очистки. Приведена информация о контроле ядерной безопасности при эксплуатации установки. Сделаны выводы о возможности повышения производительности описанных сооружений.

1. ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время Национальный научный центр «Харьковский физико-технический институт» является ведущим центром по формированию научного сопровождения ядерного топливного цикла Украины. С первых дней работы института здесь проводятся исследования по ядерной физике, а также работы по изучению свойств материи и созданию новых материалов и технологий. В связи с этим институт представляет собой потенциальный источник воздействия на окружающую среду. Широкий спектр технологических процессов обуславливает образование как специфических для данного предприятия отходов, так и широко распространенных, подробно представленных в справочной и информационной литературе.

Одним из наиболее опасных продуктов производственного цикла института являются радиоактивные отходы. Их образование обусловлено проведением таких исследований, как физическое обоснование и практическая реализация принципиально новых решений в конструкциях твэлов и пэлов, исследование различных условий термомеханической обработки материалов, испытание топливных и конструкционных материалов и отдельных элементов конструкций активной зоны реакторов, а также другие исследования, связанные с развитием всего ядерного топливного цикла.

С целью не допустить попадания активных радионуклидов в окружающую среду на территории института в 1979 г. были введены в эксплуатацию очистные сооружения, которые обеспечивали очистку промстоков, содержание в которых радионуклидов часто в десять раз превышало допустимые концентрации. В дальнейшем были созданы также очистные устройства, обеспечивающие очистку сточных вод, содержащих бериллий и мышьяк. Таким образом, образовался участок «Комплекс очистных сооружений» (КОС). Основной задачей КОС является обеспечение радиационной и ядерной безопасности в соответствии с Нормами радиационной безопасности Украины [1].

Кроме непосредственно осуществления процесса очистки активных стоков на участке КОС также выполняется подготовка, переработка и сдача на хра-

нение жидких радиоактивных отходов (шламов); подготовка помещений для разборки и мойки оборудования, загрязненного радиоактивными веществами; разработка прогрессивных новых технологий по очистке, усовершенствованию существующих очистных устройств.

2. ТЕХНОЛОГИЯ ОЧИСТКИ

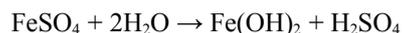
В основу технологического процесса дезактивации стоков положен метод полного обессоливания воды на ионообменных смолах с предварительной химико-механической очисткой. Блок-схема очистной установки показана на рис. 1.

Работа установки состоит из 3-х основных этапов:

1. Коагуляция и отстаивание.
2. Осветление на механических фильтрах.
3. Двухступенчатое обессоливание на ионитовых смолах.

2.1. КОАГУЛЯЦИЯ СТОКОВ В РЕАКТОРАХ-ОТСТОЙНИКАХ

Загрязненные сточные воды из резервуаров-накопителей (РАС), где происходит осаждение грубых примесей, поступают в реакторы-отстойники (РО). Здесь производится коагуляция, предназначенная для их очистки от грубой и мелкой взвеси, а также коллоидных частиц, обуславливающих мутность воды. Вместе с этим здесь происходит осаждение радионуклидов, находящихся во взвешенном состоянии. Коагуляция осуществляется введением в обрабатываемую воду специального реагента – коагулянта. В качестве коагулянта в данном случае используется железо сернокислое закисное (FeSO_4).



Гидроокись железа выпадает в осадок в виде мелких хлопьев, которые постепенно соединяются в более крупные и под действием силы тяжести оседают в нижнюю, коническую часть отстойников, образуя шлам. Вещества, находящиеся в воде в истинно растворенном состоянии, при коагуляции не удаляются.

Величина дозы коагулянта зависит в основном от качества исходной воды (щелочности, содержания органических и взвешенных веществ, pH, солевого состава) и определяется лабораторно для каждой коагуляции. Значение pH при необходимости корректируется до значения 8,5 едким натром (NaOH).

Образующийся в реакторах-отстойниках активный шлам сбрасывается в накопительную емкость

(зумпф), откуда специальной машиной периодически транспортируется на захоронение в могильник спецкомбината г. Харькова. Максимально возможная активность шлама в 50...100 раз выше активности исходных сточных вод, при влажности 98%. Количество шлама составляет около 1% от количества перерабатываемых сточных вод.

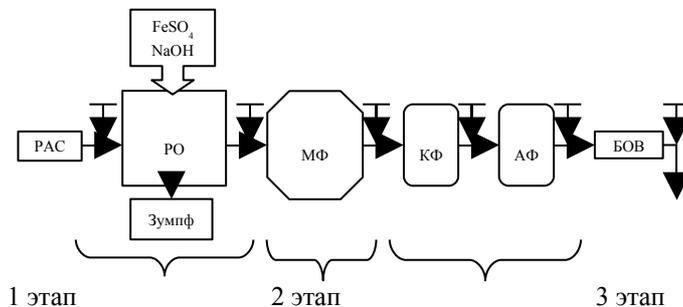


Рис. 1. Блок-схема очистки стоков на участке КОС:

РАС – реактор активных стоков (накопитель); РО – реакторы отстойники; МФ – механический фильтр; КФ – катионитовый фильтр; АФ – анионитовый фильтр; БОВ – бак очищенной воды; зумпф – емкость для сбора радиоактивного шлама; ▽ – точка отбора проб

2.2. ОСВЕТЛЕНИЕ ВОДЫ НА МЕХАНИЧЕСКИХ ФИЛЬТРАХ

Обработанная в реакторе-отстойнике вода даже при нормальной работе содержит какое-то количество механических примесей, находящихся в форме взвешенных различной степени дисперсности частиц – от невидимых глазом до мелких хлопьев – остатков процесса коагуляции. Для улавливания этих примесей служит механический фильтр (МФ). При фильтровании воды твердые частицы задерживаются на поверхности или в толще фильтрующего материала, в данном случае это кварцевый песок с фракцией 1...1,5 мм. Эффект осветления воды при фильтровании объясняется прилипанием взвешенных частиц к зернам песка и ранее прилипшим частицам, а также дополнительной адсорбцией радиоактивных веществ хлопьями коагулянта. Это явление наблюдается на механических фильтрах только после предварительного коагулирования воды. Фильтрование воды происходит вследствие разности давления до и после слоя. При этом в процессе работы происходит постепенное уплотнение фильтрующего слоя и, как следствие этого, возрастает сопротивление фильтра, снижается скорость фильтрования, фильтр отключается на промывку для удаления загрязнений. Сопротивление

фильтрующего слоя при отключении на промывку 0,5...0,6 кг·с/см².

2.3. ИОННЫЙ ОБМЕН НА Н-КАТИОНИТОВЫХ И ОН-АНИОНИТОВЫХ СМОЛАХ

Данный процесс основан на способности некоторых органических практически нерастворимых в воде материалов – ионитов, вступать в ионный обмен с растворенными в воде солями. Иониты сорбируют или обменивают ионы солей, отдавая в воду эквивалентное количество ионов, которыми ионит насыщается при регенерации. Ионит, имеющий обменным ионом катион, называется катионитом; имеющий обменным ионом анион – анионитом.

В данной установке применяют катионит марки КУ-2-8 чс, анионит – АВ-17-8 чс. Это монофункциональные сополимеризационные иониты, имеющие гелиевую структуру. КУ-2-8 чс является сильнокислотным катионитом, содержащим один вид фиксированных ионов – сульфогруппы, присоединенные к ароматическим кольцам. АВ-17-8 чс – это сильноосновной анионит, содержащий четвертичные бензилтриметиламониевые функциональные группы (рис. 2) [2].

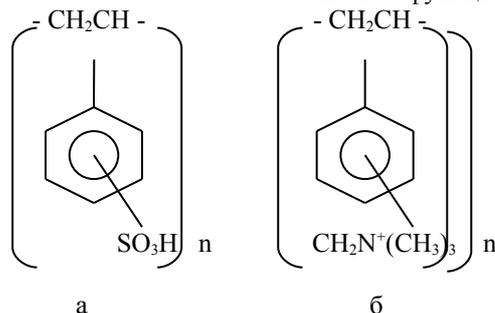


Рис. 2. Формулы фиксированных ионов ионитов:

a – катионит; *b* – анионит

По мере фильтрования воды через слой ионита все большая часть его активных групп замещается ионами, поглощаемыми из воды. Когда обменная емкость ионита исчерпана, все его активные группы замещены соответствующими ионами солей, поглощенных из воды. Регенерация ионита, т.е. обратное замещение его активных групп обмениваемым ионом, достигается промыванием ионита раствором с высокой концентрацией этого иона. Регенерация катионита проводится промыванием материала раствором азотной кислоты (HNO_3), анионита – раствором едкого натра (NaOH). Реакция при этом идет справа налево.

При удовлетворительной степени очистки очищенная вода из БОВ поступает в общественную канализацию,

часть воды используется на собственные нужды установки (регенерация, промывка фильтров). При несоблюдении нормативов вода отправляется на повторную очистку.

В табл. 1 и 2 приведены основные характеристики сточных вод до и после очистки. Показатели качества воды в табл. 2 не должны превышать временно допустимые величины показателей (ДВП) при сбросе в городскую канализацию. ДВП устанавливается на определенный срок службами, принимающими канализационные стоки всего института.

Таблица 1

Материальный баланс стоков

Наименование операции	До очистки		После очистки	
	Количество, м ³	Активность, Ки/м ³	Количество, м ³	Активность, Ки/м ³
Коагулирование – отстаивание	35,0	$0,902 \cdot 10^{-7}$	34,65	$0,12 \cdot 10^{-7}$
Фильтрация на механических фильтрах	34,65	$0,12 \cdot 10^{-7}$	34,65	$0,11 \cdot 10^{-7}$
Ионный обмен	34,65	$0,11 \cdot 10^{-7}$	34,65	$0,23 \cdot 10^{-9}$

Таблица 2

Качество поступающих и выданных стоков

Наименование показателя и размерность	Количество		ДВП
	До очистки	После очистки	
pH	5,8...8,6	7	$\leq 6,5 \dots 8,5$
Жесткость, мг-экв/л	4...10	1	-
Окисляемость, мг/л	5...11	2...4	≤ 3
Хлориды, мг/л	15...40	5...10	≤ 300
Щелочность, мг-экв/л	4,5...6,0	0,2	-
Сухой остаток, мг/л	400...500	4	-
Прозрачность, см	10	30	20
Кислотность, мг-экв/л	0...4,0	0	-

В табл. 3 приведены сведения о среднегодовой активности сточных вод за период 1987-1997 годы.

Таблица 3

Среднегодовая удельная активность сточных вод

Год	Удельная активность, Бк/м ³	
	До очистки	После очистки
1987	$45,7764 \cdot 10^4$	$0,1369 \cdot 10^4$
1988	$57,30634 \cdot 10^4$	$0,10915 \cdot 10^4$
1989	$64,63604 \cdot 10^4$	$0,03811 \cdot 10^4$
1990	$99,53481 \cdot 10^4$	$0,02886 \cdot 10^4$
1991	$16,2504 \cdot 10^4$	$0,00962 \cdot 10^4$
1992	$2,7824 \cdot 10^4$	$0,01295 \cdot 10^4$
1993	$1,4652 \cdot 10^4$	$0,01036 \cdot 10^4$
1994	$0,3774 \cdot 10^4$	0
1995	$2,368 \cdot 10^4$	$0,0196 \cdot 10^4$
1996	$3,4928 \cdot 10^4$	$0,4033 \cdot 10^4$
1997	$1,41266 \cdot 10^4$	$0,1887 \cdot 10^4$

Также необходимо отметить, что установка дезактивации может работать как в автоматическом режиме под присмотром персонала, так и полностью на ручном управлении.

Нормы качества воды на сброс по активности составляют $A_{уд} = 1 \cdot 10^4$ Бк/м³. Как видно из табл. 3, описываемая установка обеспечивает дезактивацию активных сточных вод на порядок ниже нормативного уровня, ее средняя степень очистки составляет 99%.

3. КОНТРОЛЬ СОСТОЯНИЯ ЯДЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Проведение работ на участке КОС по дезактивации сточных вод, содержащих радионуклиды, разрешается только после оформления санитарного паспорта, выданного СЭС СМСЧ-13.

Контроль над удовлетворительной работой установки дезактивации стоков, технологическими параметрами процесса очистки, приведенными в табл. 2, производится непосредственно в лаборатории КОС.

Точки отбора проб располагаются до и после каждого модуля установки (см. рис. 1).

Радиационный дозиметрический контроль и его объем на участке КОС, а также комплексный контроль над соблюдением в ННЦ ХФТИ экологического законодательства Украины в целом производит аккредитованная лаборатория Радиационных исследований и охраны окружающей среды (РИиО-ОС), находящаяся на территории института.

Сброс сточных вод из резервуара БОВ в общественную канализацию производится только после получения письменного разрешения от этой лаборатории. С целью контроля состояния ядерной безопасности на участке КОС периодически выполняются:

- контрольные измерения концентрации делящихся материалов в сточных водах, находящихся в накопителе РАС;
- измерения концентрации делящихся материалов в шламе зумпфов;

- измерения активности сточных вод, находящихся в БОВ ($A_{уд} \leq 1 \cdot 10^4 \text{Бк} \cdot \text{м}^3$);
- измерения активности на рабочих местах.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Существующий в ННЦ ХФТИ Комплекс очистных сооружений позволяет институту осуществлять все необходимые исследования в области ядерного топливного цикла, избегая негативного воздействия на окружающую среду. При этом производительность оборудования на участке КОС дает возможность планировать увеличение объема научных исследований в этом направлении.

Работа выполнена в рамках Программы проведения фундаментальных исследований по атомной науке и технике ННЦ ХФТИ.

ЛИТЕРАТУРА

1. НРБУ-97. ГГН 6.6.1 – 6.5.001 – 98.
2. А. Аширов. *Ионообменная очистка сточных вод, растворов и газов*. Ленинград: «Химия», 1977.

ОЧИСТКА СТИЧНИХ ВОД, ЩО ВМІЩУЮТЬ РАДІОНУКЛІДИ. В ННЦ ХФТІ

В.М. Ажажа, В.В. Левенець, Ф.В. Ванжа, І.Л. Гнедая

Розглянуто питання що пов'язані з експлуатацією системи очистки стічних вод у Національному науковому центрі „Харківський фізико-технічний інститут”. Досліджено установку що очищує стічні води від радіоактивних елементів. Розглянуто основні кількісні та якісні характеристики різних етапів очистки. Надано інформацію щодо контролю ядерної безпеки при експлуатаванні установки. Зроблено висновки щодо можливості підвищення продуктивності описуваних споруд.

THE TREATMENT OF WASTE WATER FROM AT NSC KPTI

V.M. Aghagha, V.V. Levenets, F.V. Vangha, I.L. Gnedaya

In this article the questions connected with maintenance of water treatment system at National Scientific Center Kharkiv Physical Technical Institute are considered. It is made research work of waste disposal plant that purification of sewage from radioactive elements. Main quantitative and qualitative characteristics of different stage of decontamination are highlighted. The information of nuclear safety control with exploitation treatment plant is cited. The conclusions about potentialities of raise productivity the plant that is described are determined.