

ДЕМОНТАЖ ОБОРУДОВАНИЯ СИСТЕМЫ УДАЛЕНИЯ ЖИДКИХ ОТХОДОВ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО РЕАКТОРА МР

А. Г. Волкович, О. П. Иванов, В. И. Колядин, А. В. Лемус, Д. А. Лемус, В. И. Павленко,
Л. А. Рязанова, С. Г. Семенов, Ю. Н. Смирский, Е. А. Степанов, А. В. Чесноков, А. Д. Шиша

Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», Москва

Статья поступила в редакцию 13 января 2026 г.

В статье представлены технологии и результаты работ по демонтажу оборудования системы удаления жидких радиоактивных отходов (ЖРО) исследовательских реакторов МР и РФТ, расположенных в соседних зданиях. Изложены методы дезактивации и фрагментации емкостей для хранения ЖРО, определены объемы и удельные активности образовавшихся отходов и методы обращения с ними.

Ключевые слова: жидкие радиоактивные отходы, характеристика радиоактивных отходов, фрагментация, дезактивация, удельная активность, класс отходов, радиоактивные отходы.

Введение

С 2011 по 2015 год в НИЦ «Курчатовский институт» в соответствии с проектом вывода из эксплуатации исследовательских реакторов МР и РФТ был выполнен демонтаж оборудования первого из них и его петлевых установок [1], [2]. В настоящее время проводятся работы по демонтажу систем их обеспечения (обращения с облученным топливом, спецканализации и спецвентиляции) [3], [4].

Основное оборудование системы удаления радиоактивных отходов

Для обеспечения эксплуатации реактора МР была предусмотрена система удаления жидких отходов (СУЖО), размещенная в двух зданиях, входивших в исследовательский комплекс реактора. В 2024 г. были выполнены работы по демонтажу оборудования системы СУЖО в одном из них.

Это — четырехэтажное строение, сложенное из силикатного кирпича, общей площадью около 2250 м² с подвалами (562,2 м²). Здание оснащено системами электро-, водо- и теплоснабжения. В нем же находятся лабораторно-производственные помещения. Оборудование СУЖО расположено в изолированной части здания, отделенной капитальной стеной большой толщины (до 130 см), которая является биологической защитой системы удаления жидких отходов.

Основное оборудование СУЖО, подлежащее демонтажу (рис. 1):

- в каньонах надземной части здания:
 - отстойник (объем — 38 м³) — 2 шт.;
 - фильтр-колонна (объем — 9 м³) — 4 шт.;
- в каньонах подземной части здания:
 - монжус (объем — 4 м³) — 4 шт.

После останова реактора МР оборудование СУЖО было законсервировано ввиду отсутствия поступления сбросных вод, загрязненных

техногенными радионуклидами, образующихся в процессе его эксплуатации. Вся запорная арматура системы была закрыта. На момент останова реактора МР в емкостях системы содержалось 4 м³ ЖРО.

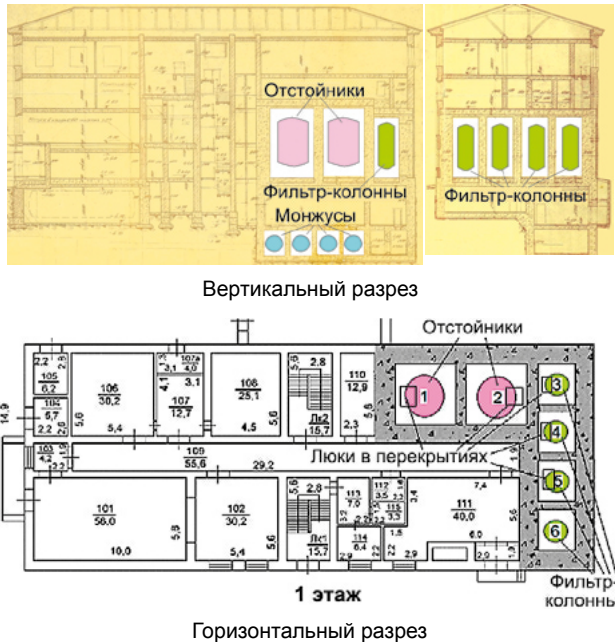


Рис. 1. Схема расположения емкостей СУЖО в надземной части здания

На предварительном этапе работ, в целях подготовки проектной документации для демонтажа оборудования, а также мест его размещения, было проведено визуальное и радиационное обследование [5]. По его результатам наиболее загрязненными были помещения расположения монжусов, отстойников и фильтр-колонок. Распределению мощности амбиентного эквивалента дозы (МАЭД) по емкостям было посвящено отдельное исследование, целями которого являлось измерение данного показателя на их поверхности и определение класса размещенных

в них радиоактивных отходов (РАО), позволившее оценить удельную активность присутствующих в них ЖРО, а также ионнообменных смол в фильтрах-колонок, определить технологии и последовательность удаления и дезактивации.

На начальном этапе работ были удалены ЖРО из емкостей отстойников, фильтр-колонок и монжусов.

Демонтаж системы

После удаления ЖРО из емкостей СУЖО была проведена дезактивация строительных конструкций помещений. Для этого применялись методы с использованием ручных перфораторов и техники: скруббера на дистанционно-управляемом механизме БРОКК-160, гидромолота малой мощности на БРОКК-90, промышленного пылесоса с водяным фильтром Вортекс-3000, установки водной дезактивации под давлением FALCH для нанесения локализирующих и дезактивирующих составов.

Затем было выполнено радиационное обследование оборудования СУЖО в технологических помещениях, которое включало измерение:

- уровней мощности дозы гамма-излучения;
- плотности потока альфа- и бета-частиц на поверхности оборудования и строительных конструкций;
- аэрозольной активности в воздухе помещений.

Результаты радиационного обследования показали, что достаточно напряженная радиационная обстановка связана с отстойником № 2. Средняя мощность дозы от него составляла ~0,7 мЗв/ч. МАЭД гамма-излучения фильтр-колонок № 3 имела превышение над допустимым уровнем и достигала 200 мкЗв/ч, а бета-загрязненность поверхностей составляла 500 β-част./мин·см². Наиболее загрязненным оказался монжус № 2. Средняя МАЭД в районе него составила 1,5 мЗв/ч. Основным радионуклидом, определяющим



Рис. 2. Организация проемов в стене на северной стороне здания



Рис. 3. Демонтаж отстойников через проем

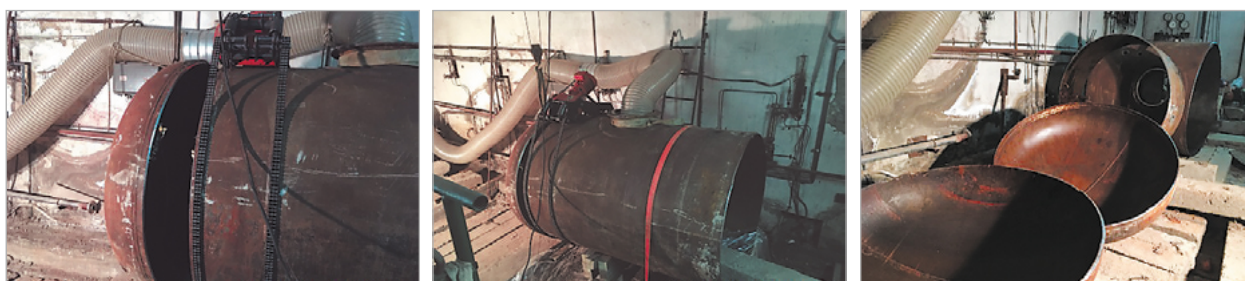


Рис. 4. Фрагментация отстойников

загрязнение оборудования СУЖО, является ^{137}Cs , удельная активность которого достигала 100–200 кБк/кг, для ^{90}Sr и ^{60}Co она была примерно в 10 раз меньше.

В соответствии с разработанным проектом организации работ проведены мероприятия по демонтажу оборудования СУЖО, расположенного в каньонах надземной и подземной частей строения.

Для его извлечения были организованы проемы в стене здания, в местах, которые использовались при монтаже оборудования и после этого были заложены кирпичной кладкой (рис. 2).

После отсечения трубопроводов от отстойников с помощью телескопического погрузчика и автокрана, они были извлечены из каньонов через организованные проемы и транспортированы на участок фрагментации (рис. 3).

Фрагментация отстойников выполнялась орбитальным труборезом и ручным электроинструментом. Размеры фрагментов для упаковки в контейнер КМЗ — не более 1,2×1,2 м (рис. 4). Демонтаж проводился при включенной местной вентиляции, с обязательным контролем аэрозольной активности в воздухе рабочей зоны.

Для удаления фильтр-колонок из каньонов с помощью канатной резки была демонтирована

перегородка, разделяющая каньоны отстойника №2 и фильтр-колонны №1. Разборка кирпичной кладки проводилась вручную, отбойными молотками.

После срезания подведённых к фильтр-колоннам трубопроводов проводился демонтаж фильтр-колонны №1 с использованием дистанционно управляемого механизма БРОКК-800 с универсальным захватом.

В северной стене здания, по оси цепочки каньонов фильтр-колонн, было высверлено сквозное отверстие диаметром 250 мм. Канатом, заведенным в него и закрепленным на стреле телескопического погрузчика, производилось подтягивание фильтр-колонны к зоне извлечения.

Она была переведена в горизонтальное положение, извлечена из каньона, загружена на погрузчик (рис. 5) и оттранспортирована на участок фрагментации (рис. 6).

С помощью канатной резки была удалена перегородка, разделяющая каньоны фильтр-колонн №2 и №3. По аналогичной схеме были демонтированы фильтр-колонны №2, 3 и 4.

Для обеспечения доступа в подвальное помещение, в котором расположены монжусы, был



Рис. 5. Демонтаж фильтр-колонн



Рис. 6. Фрагментация фильтр-колонн

сооружен пандус и в стене здания был расширен проем.

С использованием установки сверления и машины канатной резки удален слой бетона над помещением трубного коридора монжусов. Толщина слоя бетонной биологической защиты над коридором — 600 мм.

При помощи ножниц БРОКК-160 и ручной абразивной машины были отрезаны все трубы, подведенные к монжусу, затем он извлекался из каньона с применением цепной тали.

Абразивной машиной, установленной на манипуляторе БРОКК-160, и ручным инструментом

монжус разрезался (рис. 7) на фрагменты размером 1×1 м, которые заворачивались в полиэтиленовую пленку, вывозились из подвала на перегрузочную площадку и помещались в контейнер КМЗ.

После удаления емкостей отстойников, фильтр-колонн и монжусов был проведен демонтаж оборудования в обслуживаемых технологических помещениях, в которых находились загрязненные трубопроводы и запорная арматура. Демонтаж и фрагментация первых выполнялись гидравлическими кусачками или ручной абразивной отрезной машиной.



Рис. 7. Демонтаж и фрагментация монжусов

В результате образовалось 15,5 т металлических РАО, относящихся к очень низкоактивным отходам (ОНАО).

После демонтажных работ была осуществлена дезактивация помещений.

Радиационное обследование после дезактивации помещений, в которых выполнялись демонтажные работы, показало, что радиационные показатели в обслуживаемых технологических помещениях, где располагалось оборудование СУЖО, не превышают значений для персонала группы Б. Их конечное состояние соответствует санитарно-гигиеническим нормативам, так как территория находится в зоне строгого режима НИЦ «Курчатовский институт». В соответствии с этим условием здания и территория их размещения доведены до установленных нормативов [6].

Заключение

В соответствии с проектной документацией выполнены работы по демонтажу оборудования СУЖО в здании, расположенном на площадке, примыкающей к бывшему зданию реактора МР. Оно было удалено из помещений, фрагментировано, упаковано в контейнеры и подготовлено к передаче на временное хранение. В результате работ образовалось 15,5 т металлических ОНАО, основным радионуклидом в составе загрязнения является ^{137}Cs . В обслуживаемых технологических помещениях, смежных с каньонами размещения емкостей СУЖО, проведена дезактивация поверхностей строительных конструкций, радиационная обстановка в них доведена до санитарно-гигиенических нормативов для персонала группы Б, что соответствует конечному

состоянию помещений в соответствии с проектом вывода из эксплуатации исследовательского реактора МР.

Работа выполнена за счет средств Федеральной целевой программы «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2016–2020 годы и на период до 2035 года».

Литература

1. Иванов О. П., Семенов С. Г., Лемус А. В. и др. Демонтаж оборудования реактора МР // Атомная энергия. 2015. Т. 119. Вып. 1. С. 50–55.
2. Волков В. Г., Зверков Ю. А., Иванов О. П. и др. Методы обращения с высокоактивными отходами при выводе из эксплуатации исследовательских реакторов МР и РФТ // Атомная энергия. 2013. Т. 115. Вып. 5. С. 271–275.
3. Волкович А. Г., Колядин В. И., Лемус А. В. и др. Демонтаж строительных конструкций в зале реактора МР // Радиоактивные отходы. 2020. № 4 (13). С. 22–29. DOI: 10.25283/2587-9707-2020-4-22-29.
4. Смирский Ю. Н., Степанов А. В., Семин И. А., Громов Н. Н. Радиационное обследование стен реакторного зала в НИЦ «Курчатовский институт» // Атомная энергия. 2022. Т. 132. Вып. 6. С. 358–360.
5. Волкович А. Г., Иванов О. П., Колядин В. И. и др. Подготовка к демонтажу оборудования системы удаления жидких отходов исследовательских реакторов МР и РФТ // Атомная энергия. 2023. Т. 134. Вып. 5–6. С. 265–269.
6. Коробов В. Ю., Кузнецова Т. И., Курский А. С. и др. Разработка критериев для определения соответствия радиационных параметров выведенного из эксплуатации реактора МР заданному конечному состоянию // АНРИ. 2019. № 4 (99). С. 27–33.

Информация об авторах

Волкович Анатолий Григорьевич, кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник, Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт» (123182, Москва, пл. Академика Курчатова, д. 1), e-mail: Volkovich_AG@nrcki.ru.

Иванов Олег Петрович, доктор физико-математических наук, начальник отдела, Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт» (123182, Москва, пл. Академика Курчатова, д. 1), e-mail: Ivanov_OP@nrcki.ru.

Колядин Вячеслав Иванович, кандидат технических наук, начальник лаборатории, Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт» (123182, Москва, пл. Академика Курчатова, д. 1), e-mail: Kolaydin_VI@nrcki.ru.

Лемус Алексей Владимирович, главный специалист, Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт» (123182, Москва, пл. Академика Курчатова, д. 1), e-mail: Lemus_AV@nrcki.ru.

Лемус Дмитрий Алексеевич, начальник отдела, Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт» (123182, Москва, пл. Академика Курчатова, д. 1), e-mail: Lemus_DA@nrcki.ru.

Павленко Виталий Иванович, доктор технических наук, ведущий научный сотрудник, Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт» (123182, Москва, пл. Академика Курчатова, д. 1), e-mail: Pavlenko_VI@nrcki.ru.

Рязанова Людмила Анатольевна, начальник бюро, Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт» (123182, Москва, пл. Академика Курчатова, д. 1), e-mail: Rayzanova_LA@nrcki.ru.

Семенов Сергей Геннадиевич, доктор технических наук, начальник управления, Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт» (123182, Москва, пл. Академика Курчатова, д. 1), e-mail: Semenov_SG@nrcki.ru.

Симирский Юрий Николаевич, кандидат химических наук, ведущий научный сотрудник, Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт» (123182, Москва, пл. Академика Курчатова, д. 1), e-mail: Simirskiy_YN@nrcki.ru.

Степанов Евгений Александрович, инженер исследователь, Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт» (123182, Москва, пл. Академика Курчатова, д. 1), e-mail: Stepanov_EA@nrcki.ru.

Чесноков Александр Владимирович, доктор технических наук, ученый секретарь, Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт» (123182, Москва, пл. Академика Курчатова, д. 1), e-mail: Chesnokov_AV@nrcki.ru.

Шиша Анатолий Дмитриевич, заместитель начальника — главный инженер управления, Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт» (123182, Москва, пл. Академика Курчатова, д. 1), e-mail: Shisha_AD@nrcki.ru.

Библиографическое описание статьи

Волкович А. Г., Иванов О. П., Колядин В. И., Лемус А. В., Лемус Д. А., Павленко В. И., Рязанова Л. А., Семенов С. Г., Симирский Ю. Н., Степанов Е. А., Чесноков А. В., Шиша А. Д. Демонтаж оборудования системы удаления жидких отходов исследовательского реактора МР // Радиоактивные отходы. 2026. № 1 (34). С. 64—70. DOI: 10.25283/2587-9707-2026-1-64-70.

DISMANTLING OF THE LIQUID WASTE REMOVAL SYSTEM EQUIPMENT OF THE MR RESEARCH REACTOR

Volkovich A. G., Ivanov O. P., Kolyadin V. I., Lemus A. V., Lemus D. A., Pavlenko V. I., Ryazanova L. A., Semenov S. G., Simirsky Yu. N., Stepanov E. A., Chesnokov A. V., Shisha A. D.

National Research Center “Kurchatov Institute”, Moscow, Russia

Article received on January 13, 2026

The article presents the technologies applied and the results obtained during the dismantling of a liquid radioactive waste removal system of the MR and RFT research reactors, namely, of its equipment that had been operated in a building adjacent to the reactor. It describes the methods applied to decontaminate and fragmentate the tanks with liquid radioactive waste, the volumes and specific activities of the generated waste and the waste management technologies.

Keywords: liquid radioactive waste, characterization of radioactive waste, fragmentation, decontamination, specific activity, waste categories, radioactive waste.

The work was carried out at the expense of the Federal Target Program “Nuclear and Radiation Safety for 2016-2020 and for the period up to 2035”.

References

1. Ivanov O. P., Semenov S. G., Lemus A. V. et al. Demontazh oborudovaniya reaktora MR [Dismantling of MR-Reactor IN-Vessel Setups]. *Atomnaya*

energiya — Atomic Energy, 2015, vol. 119, iss. 1, pp. 50—55. DOI: 10.1007/s10512-015-0029-z.

2. Volkov V. G., Zverkov Yu. A., Ivanov O. P. et al. Metody obrashcheniya s vysokoaktivnymi otkhodami pri vyvode iz ehkspluatatsii issledovatel'skikh reaktorov MR i RFT [Techniques of High Level Radwaste Management at Decommissioning of the Research Reactors MR and RFT]. *Atomnaya energiya — Atomic Energy*, 2013, vol. 115, iss. 5, pp. 271—275.

3. Volkovich A. G., Kolyadin V. I., Lemus A. V. et al. Demontazh stroitel'nykh konstruksiy v zale reaktora MR [Dismantling of building structures in the MR reactor hall]. *Radioaktivnyye otkhody — Radioactive Waste*, 2020, no. 4 (13), pp. 22–29. DOI: 10.25283/2587-9707-2020-4-22-29.

4. Simirskiy Yu. N., Stepanov A. V., Semin I. A., Gromov N. N. Radiatsionnoye obsledovaniye sten reaktornogo zala v NITS “Kurchatovskiy institute” [Radiation survey of walls in the reactor hall at the site of NRC Kurchatov Institute]. *Atomnaya energiya — Atomic Energy*, 2022, vol.132, issue 6, pp. 358–360.

5. Volkovich A. G., Ivanov O. P., Kolyadin V. I. et al. Podgotovka k demontazhu oborudovaniya sistemy

udaleniya zhidkikh otkhodov issledovatel'skikh reaktorov MR i RFT [Preparation for Dismantling of Equipment for Liquid Waste Disposal System of Research Reactors of MR and RFT]. *Atomnaya energiya — Atomic Energy*, 2023, vol. 134, iss. 5–6, pp. 265–269.

6. Korobov V. Yu., Kuznetsova T. I., Kurskiy A. S. et al. Razrabotka kriteriyev dlya opredeleniya sootvetstviya radiatsionnykh parametrov vyvedennogo iz ekspluatatsii reaktora MR zadannomu konechnomu sostoyaniyu [Development of Criteria for Definition of Radiation Parameter Compliance of the MR Reactor Decommissioned to the Project Final State]. *ANRI — ANRI*, 2019, no. 4 (99), pp. 27–33.

Information about the authors

Volkovich Anatoly Grigoryevich, PhD in Physical and Mathematical Sciences, Leading Researcher, National Research Center “Kurchatov Institute” (1, Academician Kurchatov Sq., Moscow, 123182, Russia), e-mail: Volkovich_AG@nrcki.ru.

Ivanov Oleg Petrovich, Doctor of Sciences in Physics and Mathematics, Head of the Department, National Research Center “Kurchatov Institute” (1, Academician Kurchatov Sq., Moscow, 123182, Russia), e-mail: Ivanov_OP@nrcki.ru.

Kolyadin Vyacheslav Ivanovich, PhD in Technical Sciences, Head of the Laboratory, National Research Center “Kurchatov Institute” (1, Kurchatov Sq., Moscow, 123182, Russia), e-mail: Kolyadin_VI@nrcki.ru.

Lemus Alexey Vladimirovich, Chief Expert, National Research Center “Kurchatov Institute” (1, Academician Kurchatov Sq., Moscow, 123182, Russia), e-mail: Lemus_AV@nrcki.ru.

Lemus Dmitriy Alexeevich, Head of the Department, National Research Center “Kurchatov Institute” (1, Academician Kurchatov Sq., Moscow, 123182, Russia), e-mail: Lemus_DA@nrcki.ru.

Pavlenko Vitaly Ivanovich, Doctor of Technical Sciences, Leading Researcher, National Research Center “Kurchatov Institute” (1, Academician Kurchatov Sq., Moscow, 123182, Russia), e-mail: Pavlenko_VI@nrcki.ru.

Ryazanova Ludmila Anatolievna, Bureau Chief, National Research Center “Kurchatov Institute” (1, Academician Kurchatov Sq., Moscow, 123182, Russia), e-mail: Ryazanova_LA@nrcki.ru.

Semenov Sergey Gennalyevich, Doctor of Technical Sciences, Head of the Department, National Research Center “Kurchatov Institute” (1, Academician Kurchatov Sq., Moscow, 123182, Russia), e-mail: Semenov_SG@nrcki.ru.

Simirskiy Yuriy Nikolaevich, PhD in Chemical Sciences, Leading Researcher, National Research Center “Kurchatov Institute” (1, Academician Kurchatov Sq., Moscow, 123182, Russia), e-mail: Simirskiy_YN@nrcki.ru.

Stepanov Evgeniy Alexandrovich, Research Engineer, National Research Center “Kurchatov Institute” (1, Academician Kurchatov Sq., Moscow, 123182, Russia), e-mail: Stepanov_EA@nrcki.ru.

Chesnokov Alexander Vladimirovich, Doctor of Technical Sciences, Scientific Secretary, National Research Center “Kurchatov Institute” (1, Academician Kurchatov Sq., Moscow, 123182, Russia), e-mail: Chesnokov_AV@nrcki.ru.

Shisha Anatoly Dmitrievich, Deputy Head, Chief Engineer of the Department, NRC “Kurchatov Institute” (1, Kurchatov Sq., Moscow, 123182, Russia), e-mail: Shisha_AD@nrcki.ru.

Bibliographic description

Volkovich A. G., Ivanov O. P., Kolyadin V. I., Lemus A. V., Lemus D. A., Pavlenko V. I., Ryazanova L. A., Semenov S. G., Simirskiy Yu. N., Stepanov E. A., Chesnokov A. V., Shisha A. D. Dismantling of the Liquid Waste Removal System Equipment of the MR Research Reactor. *Radioactive Waste*, 2026, no. 1 (34), pp. 64–70. DOI: 10.25283/2587-9707-2026-1-64-70. (In Russian).