

## ПРАКТИЧЕСКОМУ ЗДРАВООХРАНЕНИЮ

EDN: <https://elibrary.ru/glvhrg>DOI: <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2025-65-3-165-173>

УДК 616-053-2-036:12-02.613.865

© Коллектив авторов, 2025

Арефьева Д.В., Балтрукова Т.Б., Степанов В.В., Кожухова Н.А., Шаяхметова А.А.

### Гигиеническая оценка условий труда персонала предприятий атомного судостроения и судоремонта при обращении с радиоактивными отходами

ФГБУН «Научно-исследовательский институт промышленной и морской медицины» ФМБА России, пр-т Юрия Гагарина, 65, Санкт-Петербург, 196143

Увеличение в последние годы объёма работ по строительству и ремонту атомных объектов морской техники приводит к росту количества образующихся радиоактивных отходов и, соответственно, работ по их переработке, что может способствовать повышению доз облучения персонала. Изучение качественных и количественных характеристик комплекса производственных факторов, негативно влияющих на персонал при выполнении работ по обращению с радиоактивными отходами, необходимо для разработки профилактических мероприятий, направленных на улучшение условий труда и продление профессионального долголетия.

Цель исследования — изучение условий труда работников предприятий атомного судостроения и судоремонта при обращении с радиоактивными отходами.

Оценка уровней воздействия вредных и (или) опасных производственных факторов проведена на основе материалов производственного контроля предприятия, специальной оценки условий труда и данных натурных исследований. Измерения параметров проводились по аттестованным методикам выполнения измерений. Все используемые средства измерений проходили метрологический контроль в установленные сроки.

Получены новые данные для оценки воздействия на персонал вредных и (или) опасных факторов производственной среды химической и физической природы. Условия труда основных профессиональных групп по ряду факторов рабочей среды (ионизирующее излучение, шум, микроклимат, световая среда) оцениваются как вредные и, в отдельных случаях, как опасные. Наиболее радиационно-опасными являются работы, выполняемые на участке по переработке жидких и твёрдых радиоактивных отходов, а также на участке хранения твёрдых радиоактивных отходов.

На рабочих местах персонала при выполнении работ по хранению и переработке радиоактивных отходов преобладающими вредными и (или) опасными производственными факторами являются ионизирующее излучение, производственный шум, нерациональное освещение и микроклимат. При этом несоответствие уровней освещённости, шума и параметров микроклимата на рабочих местах гигиеническим нормативам может привести к увеличению времени выполнения радиационно-опасных работ и повышению полученной персоналом индивидуальной эффективной дозы облучения. Таким образом, приоритетным направлением по улучшению условий труда можно считать снижение уровней воздействия указанных факторов.

**Ключевые слова:** условия труда; обращение с радиоактивными отходами; предприятия атомного судостроения и судоремонта; условия труда персонала

**Для цитирования:** Арефьева Д.В., Балтрукова Т.Б., Степанов В.В., Кожухова Н.А., Шаяхметова А.А. Гигиеническая оценка условий труда персонала предприятий атомного судостроения и судоремонта при обращении с радиоактивными отходами. *Мед. труда и пром. экол.* 2025; 65(3): 165–173. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2025-65-3-165-173> <https://elibrary.ru/glvhrg>

**Для корреспонденции:** Арефьева Дарья Владимировна, e-mail: [arefeva.dv@yandex.ru](mailto:arefeva.dv@yandex.ru)

#### Участие авторов:

Арефьева Д.В. — концепция и дизайн исследования, сбор и обработка данных, написание текста;

Балтрукова Т.Б. — концепция и дизайн исследования, редактирование;

Степанов В.В. — концепция и дизайн исследования, сбор и обработка данных, написание текста;

Кожухова Н.А. — сбор и обработка данных, написание текста;

Шаяхметова А.А. — сбор и обработка данных.

**Финансирование.** Исследование выполнено в рамках Государственного задания от 29.12.2023 № 388-00089-24-00.

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Дата поступления: 24.01.2024 / Дата принятия к печати: 24.03.2025 / Дата публикации: 07.04.2025

### Darya V. Arefieva, Tatyana B. Baltrukova, Vyacheslav V. Stepanov, Natalia A. Kozhukhova, Alfiya A. Shayakhmetova Hygienic assessment of the working conditions of personnel of nuclear shipbuilding and ship repair enterprises when handling radioactive waste

Scientific Research Institute of Industrial and Marine Medicine of the Federal Medical and Biological Agency, 65, Yuriya Gagarina Ave, St. Petersburg, 196143

An increase in recent years in the volume of work on the construction and repair of nuclear facilities for marine equipment has led to an increase in the amount of radioactive waste generated and, consequently, work on their processing, which may contribute to an increase in personnel radiation doses. The study of the qualitative and quantitative characteristics of a complex of production factors that negatively affect personnel when performing work on radioactive waste management is necessary to develop preventive measures aimed at improving working conditions and prolonging professional longevity. The study aims to explore the working conditions of employees of nuclear shipbuilding and ship repair enterprises when handling radioactive waste.

The researchers assessed the levels of exposure to harmful and(or) hazardous production factors based on materials from the company's production control, a special assessment of working conditions, and field research data. The scientists carried out measurements of the parameters in accordance with certified measurement methods. All measuring instruments used have passed metrological control in a timely manner.

The authors have obtained new data to assess the impact of harmful and(or) dangerous environmental factors of a chemical and physical nature on personnel. The working conditions of the main professional groups are considered harmful and in some cases dangerous due to a number of environmental factors (ionizing radiation, noise, microclimate, light environment). The most radiation-hazardous work takes place at the site for processing liquid and solid radioactive waste, as well as at the site for storing solid radioactive waste.

In the workplaces of personnel during the storage and processing of radioactive waste, the prevailing harmful and(or) dangerous production factors are ionizing radiation, industrial noise, irrational lighting and microclimate. At the same time, non-compliance of illumination levels, noise and microclimate parameters in workplaces with hygienic standards can lead to an increase in the time required to perform radiation-hazardous work and an increase in the individual effective radiation dose received by personnel. Thus, reducing the impact of these factors can be considered a priority for improving working conditions.

**Keywords:** *working conditions; radioactive waste management; nuclear shipbuilding and ship repair enterprises; working conditions of personnel*

**For citation:** Arefyeva D.V., Baltrukova T.B., Stepanov V.V., Kozhukhova N.A., Shayakhmetova A.A. Hygienic assessment of the working conditions of personnel of nuclear shipbuilding and ship repair enterprises when handling radioactive waste. *Med. truda i prom. ekol.* 2025; 65(3): 165–173. <https://elibrary.ru/glvhrq> <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2025-65-3-165-173> (in Russian)

**For correspondence:** *Darya V. Arefyeva*, e-mail: [arefeva.dv@yandex.ru](mailto:arefeva.dv@yandex.ru)

**Contributions:**

*Arefyeva D.V.* — research concept and design, data collection and processing, text writing;

*Baltrukova T.B.* — research concept and design, editing;

*Stepanov V.V.* — research concept and design, data collection and processing, text writing;

*Kozhukhova N.A.* — data collection and processing, writing text;

*Shayakhmetova A.A.* — data collection and processing.

**Funding.** The study was carried out within the framework of the State Assignment No. 388-00089-24-00 dated December 29, 2023.

**Conflict of interest.** The authors declare no conflicts of interest.

*Received: 24.01.2024 / Accepted: 24.03.2025 / Published: 07.04.2025*

Судоостроительная промышленность — одна из крупнейших и стратегически важных машиностроительных отраслей в российской экономике, обладающая научно-техническим и производственным потенциалом [1–4]. В последние годы наблюдается увеличение работ по строительству и ремонту атомных объектов морской техники, что приводит к росту количества образующихся радиоактивных отходов [5, 6] и, соответственно, работ по их переработке. Это может способствовать увеличению доз облучения персонала, выполняющего данные работы, а также уровней экспозиции вредных и(или) опасных производственных факторов на работников.

Сохранение здоровья и благополучия граждан — это ключевой приоритет для развития страны. Он отражён как главная национальная цель в Указах Президента Российской Федерации от 6 июня 2019 г. № 254 «О Стратегии развития здравоохранения в Российской Федерации на период до 2025 года»<sup>1</sup> и от 7 мая 2024 г. № 309 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года»<sup>2</sup>.

В связи с чем необходимо своевременное выявление рисков ущерба здоровью персонала предприятий атомного судостроения и судоремонта, занятого в работах по обращению с радиоактивными отходами (РАО), в целях совершенствования санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий, направленных на сохранение его здоровья и продление профессионального долголетия.

В соответствии с Указом Президента Российской Федерации от 13 октября 2018 г. № 585 «Об утверждении

Основ государственной политики в области обеспечения ядерной и радиационной безопасности Российской Федерации на период до 2025 года и дальнейшую перспективу»<sup>3</sup> одной из задач в области обеспечения ядерной и радиационной безопасности является снижение риска отдалённых последствий техногенного радиационного облучения для здоровья человека, поддержание на возможно низком уровне индивидуальных доз облучения и числа облучаемых лиц при использовании любого источника ионизирующего излучения [7]. Это обеспечивается соблюдением комплекса мер санитарно-эпидемиологического законодательства, требований ядерной и радиационной безопасности.

С середины 1990-х годов активно проводились работы по утилизации атомных подводных лодок, судов атомного технологического обслуживания на предприятиях атомного судостроения и судоремонта. Данные работы сопровождались научными исследованиями по гигиенической оценке условий труда, а также анализом состояния здоровья персонала [7–12]. На основе полученных материалов были разработаны мероприятия, направленные на сохранение здоровья и продление профессионального долголетия указанных работников [13–15]. Аналогичные исследования проводились для персонала специализированных пунктов хранения радиоактивных отходов (РАО) [16–18]. Тем не менее, анализ научно-технической литературы показал, что комплексная оценка условий труда персонала при работах с РАО на предприятиях атомного судоремонта не проводилась.

При выполнении работ по обращению с РАО преобладающим вредным и(или) опасным производственным

<sup>1</sup> Указ Президента Российской Федерации от 6 июня 2019 г. № 254 «О Стратегии развития здравоохранения в Российской Федерации на период до 2025 года».

<sup>2</sup> Указ Президента Российской Федерации от 7 мая 2024 г. № 309 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года».

<sup>3</sup> Указ Президента Российской Федерации от 13 октября 2018 г. № 585 «Об утверждении Основ государственной политики в области обеспечения ядерной и радиационной безопасности Российской Федерации на период до 2025 года и дальнейшую перспективу».

фактором является ионизирующее излучение. Помимо реализации мер, направленных на минимизацию его воздействия, следует также уделять пристальное внимание другим факторам производственной среды, способным оказывать негативное влияние на здоровье работников.

Так, несоответствие гигиеническим нормативам уровней освещённости, параметров микроклимата, шума и других вредных производственных факторов нерациональной природы на рабочих местах может привести к увеличению времени выполнения радиационно-опасных работ и повышению индивидуальной эффективной дозы облучения персонала.

Таким образом, изучение качественных и количественных характеристик комплекса производственных факторов, негативно влияющих на персонал при выполнении работ по обращению с РАО, необходимо для разработки профилактических мероприятий, направленных на улучшение условий труда.

Цель исследования — изучение условий труда работников предприятий атомного судостроения и судоремонта при обращении с РАО.

Объект исследования: комплекс технологических участков, объединённых в цех «Производство по обращению с отходами», включающий в себя следующую инфраструктуру: комплекс по переработке низкоактивных жидких радиоактивных отходов (ЖРО); участок промежуточного хранения ЖРО; участок хранения ЖРО; комплекс по переработке ЖРО и твёрдых радиоактивных отходов (ТРО); участок стирки и ремонта спецодежды; участок сжигания низкоактивных ТРО; участок хранения ТРО.

Предмет исследования: условия труда и факторы производственной среды при выполнении работ по обращению с РАО.

Гигиеническая оценка условий труда персонала проведена на одном из ведущих в Российской Федерации предприятий атомного судостроения и судоремонта на основании систематизации и анализа результатов специальной оценки условий труда (СОУТ) за 2023 год, производственного контроля (ПК) за 2018–2022 гг., а также данных собственных натурных исследований, проведённых в тёплый период года в 2023 г. и в холодный период года в 2024 г.

Отличительной особенностью данного исследования являлось то, что на рабочих местах персонала измерялись и оценивались в соответствии с действующими нормативно-методическими документами одновременно несколько факторов производственной среды: ионизирующее излучение, шум, вредные химические вещества, параметры освещённости и микроклимата. Все используемые средства измерения проходили метрологический контроль в установленные сроки.

Для оценки условий труда использованы следующие нормативно-методические документы: Руководство Р 2.6.5.07-2019 «Гигиенические критерии специальной оценки и классификации условий труда при работах с источниками ионизирующего излучения»<sup>4</sup>, Руководство Р 2.2.2006-05 «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда»<sup>5</sup>, СанПиН 1.2.3685-21

<sup>4</sup> Руководство Р 2.6.5.07-2019 «Гигиенические критерии специальной оценки и классификации условий труда при работах с источниками ионизирующего излучения».

<sup>5</sup> Руководство Р 2.2.2006-05 «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Крите-

ри и классификация условий труда».

«Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»<sup>6</sup>, ГОСТ Р ИСО 7730-2009 «Эргономика термальной среды. Аналитическое определение и интерпретация комфортности теплового режима с использованием расчёта показателей PMV и PPD и критериев локального теплового комфорта»<sup>7</sup>.

Статистическая обработка данных проведена с помощью стандартных методов, применяемых при анализе гигиенических данных. Все вычисления проведены в программном комплексе Microsoft Excel.

Наиболее радиационно-опасным этапом обращения с РАО является переработка ТРО, что связано с выполнением технологических операций вручную. При этом работы по переработке ЖРО производятся в большинстве случаев в автоматическом режиме и не требуют постоянного нахождения персонала на технологических участках, в то же время при выполнении работ по обслуживанию технологических систем возможно формирование неблагоприятной радиационной обстановки на рабочих местах.

Особенностью условий труда является возможность значительных изменений уровней ионизирующих излучений в зависимости от вида выполняемых работ в течение одной рабочей смены, а также сочетанное воздействие малых доз облучения и других производственных факторов, воздействие которых также носит интермиттирующий характер.

По данным СОУТ в цехе по обращению с РАО на рабочих местах персонала присутствуют следующие вредные и (или) опасные производственные факторы рабочей среды и трудового процесса: ионизирующее излучение (класс условий труда 3.3, 3.4), нерациональное освещение (класс условий труда 2), микроклимат, шум, вредные химические вещества (класс условий труда от 2 до 3.1), тяжесть трудового процесса (класс условий труда 2).

Однако при анализе условий труда персонала только по результатам СОУТ не было возможности оценить отдельные технологические этапы выполнения работ, такие как хранение, переработка ЖРО и ТРО, стирка спецодежды, загрязнённой радиоактивными веществами. Поэтому для более детального анализа была проведена гигиеническая оценка условий труда персонала по результатам производственного контроля предприятия в сопоставлении с результатами собственных исследований.

По данным производственного контроля радиационной обстановки установлено, что диапазон уровней мощности амбиентного эквивалента дозы (МАЭД) варьируется от фоновых значений (0,15 мкЗв/ч) до 894 мкЗв/ч. Наибольшие значения были отмечены в помещениях, предназначенных для переработки ТРО и ЖРО, и на участке хранения ТРО, где располагаются контейнеры с отходами, бочки со шламом, фильтрами доочистки и прочими РАО. При этом уровни снимаемого радиоактивного загрязнения с поверхностей рабочих помещений не превышали нормативных значений для помещений периодического пребывания персонала, приведённых в НРБ-99/2009,

ри и классификация условий труда».

<sup>6</sup> СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».

<sup>7</sup> ГОСТ Р ИСО 7730-2009 «Эргономика термальной среды. Аналитическое определение и интерпретация комфортности теплового режима с использованием расчёта показателей PMV и PPD и критериев локального теплового комфорта».

а значения объёмной активности аэрозолей в воздухе рабочей зоны не превышали уровней минимальной измеряемой активности. Таким образом, в соответствии с Руководствами Р 2.6.5.07-2019 и Р 2.2.2006-05 на участке по переработке ЖРО и ТРО, а также на участке хранения ТРО установлены опасные условия труда (класс 4).

Оценка условий труда, выполненная по данным производственного контроля, предоставленным предприятием, позволила установить, что класс условий труда по показателям микроклимата, освещённости, шуму, общей вибрации, инфразвуку и загрязняющим веществам в воздухе рабочей зоны на рассматриваемых производственных участках соответствует допустимому (класс 2).

В то же время данные собственных исследований на участке стирки и ремонта спецодежды (участок сортировки грязного белья, загрузки и выгрузки белья в стиральные машины, суши, гладки и сортировки) показали, что:

- значения МАЭД находились в пределах фоновых значений и составили (0,05–0,07) мкЗв/ч, поверхностного загрязнения бета-частицами не обнаружено;
- эквивалентные уровни звука были в диапазоне от 47,2 до 78,8 дБА. Спектральная характеристика шума: широкополосный, непостоянный;
- значения ТНС-индекса составляли от 17,28 до 19,38°C, характер микроклимата (PMV) персонал оценивал величиной от +0,48 баллов до +1,32 баллов, процент недовольных микроклиматом (PPD) — от 10 до 41%. Ощущения работников в соответствии с ГОСТ Р ИСО 7730-2009 оценивались как «немного тепло»;
- на рабочем месте дозиметриста, предназначенном для ведения отчётной документации, и в помещении спецёмкостей для сбора стоков (техническое помещение) отмечены недостаточная освещённость от 114 до 135 лк и коэффициент пульсации от 63,0 до 85,3% (при допустимом не более 20%). По-видимому, причинами низкой освещённости данных рабочих мест и высокого значения коэффициента пульсации являлись неисправность некоторых ламп или их отсутствие, а также несвоевременная очист-

ка светильников от пыли и грязи. На остальных рабочих местах цеха освещённость находилась в диапазоне от 336 до 1098 лк, коэффициент пульсации — от 0,3 до 0,7%.

Общая гигиеническая оценка условий труда на участке стирки и ремонта спецодежды по данным натурных исследований представлена в **таблице 1**.

По результатам натурных исследований условий труда при выполнении работ по переработке ЖРО, установлено:

- Значения МАЭД в диапазоне от фоновых значений (0,15 мкЗв/ч) до 79,90 мкЗв/ч (на участках выпаривания, очистки и сорбционной очистки ЖРО), уровни «снимаемого» радиоактивного загрязнения с поверхностей рабочих помещений не превышали нормативных значений для помещений периодического пребывания персонала, приведённых в НРБ-99/2009.
- Концентрации железа в воздухе рабочей зоны на участке выпаривания ЖРО составляли (0,037±0,009) мг/м<sup>3</sup>, марганца (0,0011±0,0003) мг/м<sup>3</sup>, кремния (0,27±0,07) мг/м<sup>3</sup>.
- Эквивалентные уровни звука зарегистрированы в диапазоне от 66,6 до 84,6 дБА.
- Значения параметров микроклимата свидетельствуют о неблагоприятных микроклиматических условиях на большинстве рабочих мест участка по переработке ЖРО в холодный период года. Температура воздуха достигала 43°C на участках выпаривания ЖРО, при низкой относительной влажности (9,6%) и подвижности (менее 0,1 м/с) воздуха. Сочетание таких микроклиматических параметров воздушной среды воспринималось работниками как «тепло» или «жарко»; индекс PMV достигал максимальной оценки +3 балла, процент недовольных микроклиматом (индекс PPD) достигал 99,1%. В тёплый период 2023 года параметры микроклимата производственных помещений в основном соответствовали гигиеническим требованиям за исключением участка расположения узла сорбционной очистки, где температура воздуха

Таблица 1 / Table 1

**Гигиеническая оценка условий труда на участке стирки и ремонта спецодежды (данные натурных исследований)**  
**Hygienic assessment of working conditions at the site of washing and repair of workwear (data from field studies)**

Наименование участка	Класс условий труда по вредному производственному фактору				
	ионизирующее излучение	шум	освещённость	химические вещества	микроклимат
Участок сортировки грязного белья	2	2	н/д*	2	2
Участок загрузки белья в стиральные машины	2	2	н/д	2	2
Участок выгрузки белья из стиральных машин	2	2	2	2	2
Участок сушки белья	2	2	н/д	2	2
Участок гладки и сортировки белья	2	2	н/д	2	2
Швейная мастерская	2	2	2	2	2
Рабочее место дозиметриста	2	2	3.1	2	2
Помещение спецёмкостей для сбора стоков спецпрачечной	2	2	3.1	2	2

Примечание: \* — в помещении организовано естественное освещение, замеры искусственной освещённости не проводились.  
Note: \* — natural lighting is provided in the room, no artificial illumination measurements were carried out.

достигала 31°C при низкой относительной влажности (30,0–30,6%) и подвижности воздуха (0,1 м/с).

- Освещённость на обследованных рабочих местах была недостаточная (от 11 до 169 лк), на отдельных рабочих местах отмечалось превышение коэффициента пульсации (от 22,2 до 44,7%).

Общая гигиеническая оценка условий труда на участке переработки ЖРО представлена в **таблице 2**.

При натурных исследованиях условий труда на участке переработки ТРО установлено:

- Значения МАЭД находятся в диапазоне от фоновых значений (0,15 мкЗв/ч) до 32,30 мкЗв/ч (на участке сортировки ТРО), уровни снимаемого радиоактивного загрязнения с поверхностей рабочих помещений не превышали нормативных значений для помещений периодического пребывания персонала, приведённых в НРБ-99/2009.
- Концентрации ацетона, бутилацетата, этилацетата, толуола, о-ксилола, свинца, фенола, n-, m-клилола, железа, марганца, кремния, диоксида азота, озона не превышали предельно допустимых.
- Эквивалентные уровни звука на участке приёма и сдачи контейнеров ТРО превышали предельно допустимый уровень у дробеструйной камеры при наблюдении за ходом производственного процесса до 2,2 дБА, у металлического стола для проведения работ по фрагментированию бочки в процессе разделки деталей при помощи установки воздушно-плазменной резки (аппарат для плазменной резки Инвертор CUT 70) — до 14,3 дБА, у дробильной машины при наблюдении за ходом производственного процесса при загрузке в дробильную машину неметаллических и не прессуемых отходов для измельчения — до 21,1 дБА.
- Температура воздуха в период наблюдений составляла от 14,4 до 23,1°C при относительной влажности воздуха от 19,1 до 39,0% и подвижности воздуха от 0,1 до 0,5 м/с. Сочетание таких микроклиматических параметров воздушной среды воспринималось работниками как «немного прохладно», «немного тепло» и «нейтрально»; индекс PMV был в диапазоне от минус 0,86 до +0,72 балла, процент недовольных микроклиматом (индекс PPD) колебался от

5,1 до 26%. Зарегистрированные значения параметров микроклимата свидетельствуют о благоприятных микроклиматических условиях на большинстве рабочих мест участка по переработке ТРО в холодный и тёплый периоды года.

- Искусственная освещённость на рабочих местах переработчиков РАО была неравномерной от 13 до 740 лк, а коэффициент пульсации составил от 4 до 93%.

Общая гигиеническая оценка условий труда на участке переработки ТРО представлена в **таблице 3**.

По результатам натурных исследований условий труда при выполнении работ по хранению ЖРО и ТРО было установлено:

- Значения МАЭД на участке по хранению ЖРО находятся в диапазоне от фоновых значений (0,10 мкЗв/ч) до 4,95 мкЗв/ч (на рабочем месте при выполнении работ по ремонту насоса), на участке по хранению ТРО достигали 15,19 мкЗв/ч, снимаемого загрязнения поверхностей бета-частицами не зарегистрировано.
- Эквивалентные уровни звука на участке по хранению ЖРО составляли от 31,5 до 61,7 дБА, на участке по хранению ТРО — от 71,5 до 75,3 дБА.
- Температура воздуха в период наблюдений составляла от 12,6 до 22,3°C при относительной влажности воздуха от 30,4 до 60,1% и низкой подвижности воздуха (менее 0,1 м/с). Зарегистрированные значения параметров микроклимата свидетельствуют об относительно благоприятных микроклиматических условиях на большинстве рабочих мест участка по хранению ЖРО и ТРО в холодный и тёплый периоды года. Сочетание таких микроклиматических параметров воздушной среды воспринималось работниками как «немного прохладно», «прохладно»; индекс PMV был в диапазоне от — 2,3 до — 0,7 балла, процент недовольных микроклиматом (индекс PPD) колебался от 9,2 до 82,2%.
- Отмечена неравномерность уровней искусственной освещённости на рабочих местах от 10 до 652 лк и превышение коэффициента пульсации (от 29,0 до 34,5%).

Общая гигиеническая оценка условий труда на участке хранения ЖРО и ТРО представлена в **таблице 4**.

Таблица 2 / Table 2

**Гигиеническая оценка условий труда на участке переработки жидких радиоактивных отходов (данные натурных исследований)**

**Hygienic assessment of working conditions in the processing of liquid radioactive waste (data from field studies)**

Наименование участка	Класс условий труда по вредному производственному фактору				
	ионизирующее излучение	шум	освещённость	химические вещества	микроклимат
Участок у аппарата обратного осмоса	3.4	3.1/2	2/3.1	2	3.1
Участок выпаривания ЖРО (помещение на 4 уровне)	4	3.1/2	3.1	2	3.3
Участок выпаривания ЖРО (помещение на 5 уровне)	3.4	2	2/3.1	2	3.3
Участок сорбционной очистки	3.2	2	3.1	2	3.1
Участок очистки ЖРО с линии спецпрачечной	3.4	2	3.1	2	3.1
Участок расположения цистерн с ЖРО	2	2	3.1	2	3.1

Таблица 3 / Table 3

**Гигиеническая оценка условий труда на участке переработки твёрдых радиоактивных отходов (данные натурных исследований)****Hygienic assessment of the working conditions of the solid radioactive waste processing site (data from field studies)**

Наименование участка	Класс условий труда по вредному производственному фактору				
	ионизирующее излучение	шум	освещённость	химические вещества	микроклимат
Участок приёма контейнеров с ТРО на сортировку	3.1	3.1	3.1	2	2
Участок у стола для сортировки ТРО	3.2	3.3	3.1	2	2
Участок у поддона для сбора и сортировки ТРО	3.4	3.1	3.1	2	2
Помещение для временного хранения ТРО	3.2	3.1	3.1	2	2

Таблица 4 / Table 4

**Гигиеническая оценка условий труда на участке хранения жидких и твёрдых радиоактивных отходов (данные натурных исследований)****Hygienic assessment of working conditions at the site of storage of liquid and solid radioactive waste (data from field studies)**

Наименование участка	Класс условий труда				
	ионизирующее излучение	шум	освещённость	химические вещества	микроклимат
Помещение приёма спецавтотранспорта (ЖРО)	3.1	—*	3.1	2	2
Помещение электроприводов-клапанов (ЖРО)	2	—*	3.1	2	2
Операторская с блочным щитом управления (ЖРО)	2	2	2	2	2
Зал приводов (ЖРО)	2	2	2/3.1	2	2
Помещение для хранения ТРО	4	2	2	2	2
Открытая площадка для хранения ТРО	3.4	—**	—**	—**	2

Примечания: \* — замеры не проводились из-за отсутствия источников шума; \*\* — замеры не проводились из-за отсутствия источников шума, вредных химических веществ и естественной освещённости.

Notes: \* — measurements were not carried out due to the absence of noise sources; \*\* — measurements were not carried out due to the absence of noise sources, harmful chemicals and natural light.

Общая гигиеническая оценка условий труда на рабочих местах в спецпрачечной свидетельствует о допустимых условиях труда по ионизирующему излучению, шуму, микроклимату. Однако уровень освещения был недостаточным на рабочем месте дозиметриста и в помещении спецёмкостей для сбора стоков спецпрачечной, в котором коэффициент пульсации также превышал нормативные значения.

Общие условия труда на основных рабочих местах на участке переработки ЖРО были вредными, а на некоторых рабочих местах — опасными из-за высоких регистрируемых уровней МАЭД. Также на всех рабочих местах установлено несоответствия санитарным требованиям параметров микроклимата и световой среды (недостаточная освещённость и превышение коэффициента пульсации).

Гигиеническая оценка условий труда на рабочих местах участка по переработке ТРО показала, что ведущим вредным и (или) опасным производственным фактором является ионизирующее излучение (класс условий труда от 3.1 до 3.4). Параметры световой среды на всех обследованных рабочих местах не соответствовали санитарным требованиям (недостаточная освещённость и высокий коэффициент пульсации). При индивидуальной шумовой дозиметрии

установлено, что воздействующие на переработчиков РАО эквивалентные уровни шума колеблются от 79,3 дБА (или 74,5% относительной дозы шума (ДШ)) до 85,2 дБА (или 289,7% ДШ), что соответствует классам условий труда 2 и 3.1, соответственно. Вместе с тем при отдельных технологических операциях (например, разделка деталей с использованием установки воздушно-плазменной резки) эквивалентные уровни звука доходили до 101,1 дБА (класс условий труда 3.3). По химическому фактору и микроклимату установлены допустимые условия труда.

На рабочих местах участка, предназначенного для хранения ТРО и ЖРО ведущими вредными и (или) опасными производственными факторами являются ионизирующее излучение (класс условий труда до 4) и освещение (класс условий труда до 3.1). Световая среда на рабочих местах не соответствовала санитарным требованиям из-за недостаточной освещённости и повышенного коэффициента пульсации. Условия труда по химическому фактору, шуму и микроклимату были допустимыми.

В связи с тем, что в открытых источниках информации отсутствуют сведения об аналогичных исследованиях, сравнительный анализ полученных результатов был проведён на основе данных комплексных работ [9, 19], вы-

полненных в филиалах Федерального государственного унитарного предприятия «Федеральный экологический оператор» (ФГУП «ФЭО»)», основными видами деятельности которых являются приём, сортировка и кондиционирование РАО, в том числе отходов, образовавшихся на предприятиях атомного судоремонта. Технологические участки, выполняемые операции, профессиональные группы задействованного персонала в целом аналогичны производству по обращению с РАО на судоремонтных предприятиях.

По исследованным производственным факторам результаты сопоставимы с данными, представленными в работе [19]. Радиационная обстановка на рабочих местах персонала также значительно различается в зависимости от специфики выполняемых работ, класс условий труда меняется от 3.1 до 4; уровни шумового воздействия зависят от конкретной технологической операции, рабочего места, профессиональной принадлежности и составляют от 62 дБА (участок окончательного радиационного контроля) до 120 дБА (пескоструйная обработка ТРО участка дезактивации). Концентрация вредных веществ в воздухе рабочей зоны находилась в пределах ПДК (класс условий труда — 2).

Стоит отметить, что класс условий труда при воздействии параметров микроклимата на рабочих местах филиалов ФГУП «ФЭО» составлял от 2 до 3.2 в основном

<sup>8</sup> Северо-Западный центр по обращению с радиоактивными отходами «СевРАО» и Дальневосточный центр по обращению с радиоактивными отходами «ДальРАО» — филиалы федерального государственного унитарного предприятия «Федеральный экологический оператор».

за счёт сниженной по сравнению с нормативами температурой воздуха. При этом на отдельных участках предприятия атомного судоремонта (выпаривание ЖРО), наоборот, отмечается воздействие нагревающего микроклимата (класс условий труда 3.3).

Проведённые исследования показали, что на рабочих местах персонала цеха по хранению и переработке РАО основными вредными и (или) опасными производственными факторами являются ионизирующее излучение, производственный шум, нерациональное освещение и микроклимат.

Отмечено, что при проведении СОУТ имело место занижение классов условий труда по всем исследуемым производственным факторам.

При этом несоответствие уровней освещённости, шума и микроклимата на рабочих местах гигиеническим нормативам может приводить к увеличению времени выполнения радиационно-опасных работ и повышению индивидуальных эффективных доз облучения персонала. Для улучшения условий труда персонала цеха по хранению и переработке РАО необходимо совершенствование мер по снижению уровней воздействия указанных факторов.

На основании полученных фактических материалов и с учётом действующих нормативных документов разработаны методические рекомендации по совершенствованию мероприятий, направленных на сохранение здоровья работников судоремонтных предприятий; сформирована база данных, содержащая сведения об уровнях вредных и (или) опасных производственных факторов на рабочих местах специалистов различных профессиональных групп судоремонтного предприятия.

### Список литературы

- Исаев А.Г. Судостроительная промышленность России и Дальнего Востока: состояние и перспективы развития. *Регионалистика*. 2016; 3(2): 36–47. <https://elibrary.ru/whtqpp>
- Савченко О.В., Половинкин В.Н. Современное состояние, проблемы и перспективы развития отечественного гражданского судостроения. *Труды Крыловского государственного научного центра*. 2022; 401(3): 152–164. <https://elibrary.ru/owxjln>
- Пашеева Т.Ю. Судоремонт Мурманска: состояние и перспективы. *Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология*. 2021; 1: 24–31. <https://doi.org/10.24143/2073-1574-2021-1-24-31> <https://elibrary.ru/xtiisy>
- Рудный Е.В., Кокурин Д.И. Роль модернизации производства в повышении эффективности предприятий судостроительной и судоремонтной отраслей. *Экономика и бизнес: теория и практика*. 2024; 108(2–2): 71–75. <https://doi.org/10.24412/2411-0450-2024-2-2-71-75> <https://elibrary.ru/xdaqio>
- Сергеев А.И. Проблематика утилизации судов атомного технологического обслуживания. В кн.: «Ломоносовские чтения. Актуальные вопросы фундаментальных и прикладных исследований: сборник статей V Международной научно-практической конференции». Петрозаводск; 2020: 117–122. <https://elibrary.ru/kzquqk>
- Прокофьева Е.А. Русская Арктика: радиационная безопасность в перспективном регионе. В кн.: «Научные теории и разработки в условиях глобальных перемен: пределы и возможности: Материалы XI Международной научно-практической конференции». Рязань; 2023: 265–268. <https://elibrary.ru/rlmjij>
- Иванченко А.В., Натха С.В., Шаяхметова А.А., Арефьева Д.В. Исследование факторов, влияющих на формирование радиационной обстановки при утилизации атомных объектов морской техники. *Радиационная гигиена*. 2013; 6(4): 19–22. <https://elibrary.ru/sjcvnb>
- Хазагерев С.М., Шаяхметова А.А., Арефьева Д.В., Иванова Т.А. Обоснование порядка контроля индивидуальных эквивалентных доз в хрусталике глаза от фотонного излучения в производственных условиях на предприятиях атомного судостроения и судоремонта. *Современные проблемы науки и образования*. 2015; 2–3: 48. <https://elibrary.ru/vbrcjt>
- Степанов В.В., Крупкин А.Б., Иванченко А.В. Гигиенические аспекты условий труда персонала предприятий, выполняющих работы по утилизации атомных подводных лодок и судов атомного технологического обслуживания. *Medline.ru. Российский биомедицинский журнал*. 2019; 20: 307–321. <https://elibrary.ru/bgsklv>
- Крупкин А.Б., Степанов В.В., Саенко С.А. Условия труда персонала при постройке, ремонте и утилизации атомных подводных лодок на предприятиях атомного судостроения и судоремонта. *Medline.ru. Российский биомедицинский журнал*. 2013; 14: 465–479. <https://elibrary.ru/rybhnh>
- Походзей Л.В., Матвеев К.М., Крупкин А.Б. Условия труда и состояние здоровья персонала при утилизации атомных подводных лодок и судов атомного технологического обслуживания. *Медицина труда и промышленная экология*. 2015; 9: 119–120. <https://elibrary.ru/umgshb>
- Крупкин А.Б., Саенко С.А., Дыхов М.А., Матвеев К.М. Мониторинг состояния здоровья рабочих предприятия атомного судоремонта с учётом действия факторов производственной среды. *Medline.ru. Российский биомедицинский журнал*. 2015; 16: 127–137. <https://elibrary.ru/tvmsln>
- Сымаков А.В., Арефьева Д.В., Абрамов Ю.В. Совершенствование нормативного обеспечения радиационной безопасно-

- сти персонала при утилизации кораблей с ядерными энергетическими установками и судов атомного технологического обслуживания. *Медицинская радиология и радиационная безопасность*. 2021; 66(4): 37–41. <https://elibrary.ru/jfjngug>
14. Саенко С.А., Дохов М.А., Крупкин А.Б. Прогнозные оценки потребности в медицинской помощи и влияния условий труда на формирование производственно обусловленной заболеваемости у персонала предприятия атомного судостроения и судоремонта. *Медицина труда и промышленная экология*. 2017; 9: 169. <https://elibrary.ru/zfqlst>
  15. Крупкин А.Б., Саенко С.А., Дохов М.А., Матвеев К.М. Разработка системы мониторинга состояния здоровья работников, занятых утилизацией атомных подводных лодок. *Medline.ru. Российский биомедицинский журнал*. 2015; 16: 116–126. <https://elibrary.ru/tvmsld>
  16. Симаков А.В., Метляева Н.А., Абрамов Ю.В. и др. Совершенствование санитарно-гигиенического и медицинского обеспечения персонала радиационно опасных объектов. *Медицина труда и промышленная экология*. 2017; 4: 37–41. <https://elibrary.ru/ykuykv>
  17. Шандала Н.К., Киселев С.М., Титов А.В. Научно-практический опыт надзорной деятельности в области обеспечения защиты населения и окружающей среды на объектах ядерного наследия России. *Радиационная гигиена*. 2019; 12(S2): 83–96. <https://elibrary.ru/jqrydv> <https://doi.org/10.21514/1998-426X-2019-10-2s-83-96>
  18. Лягинская А.М. и др. Состояние здоровья персонала предприятия по обращению с радиоактивными отходами утилизируемого атомного флота СССР. *Радиация и риск (Бюллетень Национального радиационно-эпидемиологического регистра)*. 2019; 28: 4. <https://elibrary.ru/mkzaid> <https://doi.org/10.21870/0131-3878-2019-28-4-73-87>
  19. Кожухова Н.А., Крупкин А.Б., Трофимчук С.Н. и др. Гигиеническая оценка условий труда персонала предприятий, осуществляющих завершающий этап утилизации атомных подводных лодок и судов атомного технологического обслуживания. *Развивая вековые традиции, обеспечивая «Санитарный щит» страны: Материалы XIII Всероссийского съезда гигиенистов, токсикологов и санитарных врачей с международным участием, посвящённого 100-летию основания Государственной санитарно-эпидемиологической службы России, Москва, 26–28 октября 2022 года*. 2022; 1: 382–385. <https://elibrary.ru/fluroi>

### References

1. Isaev A.G. Shipbuilding industry of Russia and the Far East: state and prospects of development. *Regionalistika*. 2016; 3(2): 36–47 <https://elibrary.ru/whqtpp> (in Russian).
2. Savchenko O.V., Polovinkin V.N. The current state, problems and prospects of development of domestic civil shipbuilding. *Trudy Krylovskogo gosudarstvennogo nauchnogo tsentra*. 2022; 401(3): 152–164 <https://elibrary.ru/owxjln> (in Russian).
3. Pasheeva T.Y. Ship repair of Murmansk: state and prospects. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Morskaya tekhnika i tekhnologiya*. 2021; 1: 24–31. <https://doi.org/10.24143/2073-1574-2021-1-24-31> <https://elibrary.ru/xtiisy> (in Russian).
4. Rudny E.V., Kokurin D.I. The role of production modernization in improving the efficiency of enterprises in the shipbuilding and ship repair industries. *Ehkonomika i biznes: teoriya i praktika*. 2024; 108(2–2): 71–75 <https://doi.org/10.24412/2411-0450-2024-2-2-71-75> <https://elibrary.ru/xdajio> (in Russian).
5. Sergeev A.I. Problems of utilization of nuclear technological service vessels. In the book: *"Lomonosov readings. Topical issues of fundamental and applied research: collection of articles of the V International Scientific and Practical Conference"*. Petrozavodsk; 2020: 117–122 <https://elibrary.ru/kzqyqk> (in Russian).
6. Prokofieva E.A. The Russian Arctic: radiation safety in a promising region. In the book: *"Scientific theories and developments in the context of global changes: limits and possibilities: Materials of the XI International Scientific and Practical Conference"*, Ryazan. 2023: 265–268 <https://elibrary.ru/rlmjuj> (in Russian).
7. Ivanchenko A.V., Natkha S.V., Shayakhmetova A.A., Arefyeva D.V. Investigation of the factors influencing the formation of the radiation situation during the disposal of nuclear facilities of marine equipment. *Radiatsionnaya gigiena*. 2013; 6(4): 19–22 <https://elibrary.ru/sjcvnb> (in Russian).
8. Khazagerov S.M., Shayakhmetova A.A., Arefyeva D.V., Ivanova T.A. Substantiation of the procedure for monitoring individual equivalent doses in the lens of the eye from photon radiation in industrial conditions at nuclear shipbuilding and ship repair enterprises. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*. 2015; 2–3: 48 <https://elibrary.ru/vbrcjt> (in Russian).
9. Stepanov V.V., Krupkin A.B., Ivanchenko A.V. et al. Hygienic aspects of working conditions of personnel of enterprises engaged in the disposal of nuclear submarines and nuclear technological service vessels. *Medline.ru. Rossijskij biomeditsinskij zhurnal*. 2019; 20: 307–321 <https://elibrary.ru/bgsklv> (in Russian).
10. Krupkin A.B., Stepanov V.V., Saenko S.A. et al. Working conditions of personnel during the construction, repair and disposal of nuclear submarines at nuclear shipbuilding and ship repair enterprises. *Medline.ru. Rossijskij biomeditsinskij zhurnal*. 2013; 14: 465–479 <https://elibrary.ru/rybhnh> (in Russian).
11. Pokhodzey L.V., Matveev K.M., Krupkin A.B. et al. Working conditions and health status of personnel during the disposal of nuclear submarines and nuclear technological service vessels. *Med. truda i prom. ekol*. 2015; 9: 119–120 <https://elibrary.ru/umgshb> (in Russian).
12. Krupkin A.B., Saenko S.A., Dokhov M.A., Matveev K.M. Monitoring the health status of workers at a nuclear ship repair facility, taking into account the effects of environmental factors. *Medline.ru. Rossijskij biomeditsinskij zhurnal*. 2015; 16: 127–137 <https://elibrary.ru/tvmsln> (in Russian).
13. Simakov A.V., Arefyeva D.V., Abramov Yu.V. et al. Improving the regulatory provision of radiation safety of personnel during the disposal of ships with nuclear power plants and nuclear technological service vessels. *Meditsinskaya radiologiya i radiatsionnaya bezopasnost'*. 2021; 66(4): 37–41 <https://elibrary.ru/jfjngug> (in Russian).
14. Saenko S.A., Dokhov M.A., Krupkin A.B. Predictive assessments of the need for medical care and the impact of working conditions on the formation of production-related morbidity among personnel of nuclear shipbuilding and ship repair enterprises. *Med. truda i prom. ekol*. 2017; 9: 169. <https://elibrary.ru/zfqlst> (in Russian).
15. Krupkin A.B., Saenko S.A., Dokhov M.A., Matveev K.M. Development of a health monitoring system for workers engaged in the disposal of nuclear submarines. *Medline.ru. Rossijskij biomeditsinskij zhurnal*. 2015; 16: 116–126 <https://elibrary.ru/tvmsld> (in Russian).
16. Simakov A.V., Metlyayeva N.A., Abramov Yu.V. et al. Improvement of sanitary, hygienic and medical support for personnel of radiation-hazardous facilities. *Med. truda i prom. ekol*. 2017; 4: 37–41 <https://elibrary.ru/ykuykv> (in Russian).
17. Shandala N.K., Kiselev S.M., Titov A.V. Scientific and practical experience of supervisory activities in the field of public and environmental protection at Russian nuclear heritage sites. *Radiatsionnaya gigiena*. 2019; 12(S2): 83–96 <https://elibrary.ru/jqrydv> <https://doi.org/10.21514/1998-426X-2019-10-2s-83-96> (in Russian).
18. Lyaginskaya A.M. et al. The state of health of the personnel of the radioactive waste management enterprise of the USSR nuclear fleet being disposed of. *Radiatsiya i risk (Byulleten' Natsional'nogo radiatsionno-ehpidemiologicheskogo*

- registra). 2019; 28: 4 <https://elibrary.ru/mkzaid>  
<https://doi.org/10.21870/0131-3878-2019-28-4-73-87>  
 (in Russian).
19. Kozhukhova N.A., Krupkin A.B., Trofimchuk S.N. and others. Hygienic assessment of the working conditions of personnel of enterprises engaged in the final stage of the disposal of nuclear submarines and nuclear technological service vessels. *Developing centuries-old traditions, providing a "Sanitary shield" of the country: Proceedings of the XIII All-Russian Congress of Hygienists, Toxicologists and Sanitary Doctors with international participation, dedicated to the 100<sup>th</sup> anniversary of the founding of the State Sanitary and Epidemiological Service of Russia, Moscow, 26–28 October 2022.* 2022; 1: 382–385. <https://elibrary.ru/fluroi> (in Russian).

**Сведения об авторах:**

- Арефьева Дарья Владимировна* и.о. зав. лаб. № 1.  
*E-mail: arefeva.dv@yandex.ru*  
<https://orcid.org/0000-0002-3879-8594>
- Балтрукова Татьяна Борисовна* вед. науч. сотр. лаб. № 2, д-р. мед. наук, проф.  
*E-mail: lab2niipmm@yandex.ru*  
<https://orcid.org/0000-0001-7516-9036>
- Степанов Вячеслав Владилениович* ст. науч. сотр. лаб. № 2, канд. мед. наук.  
*E-mail: lab2niipmm@yandex.ru*  
<https://orcid.org/0000-0001-6099-0833>
- Кожухова Наталья Александровна* и.о. зав. лаб. № 2.  
*E-mail: lab2niipmm@yandex.ru*  
<https://orcid.org/0000-0002-6223-0173>
- Шаяхметова Альфия Азгаровна* научный сотрудник лабораторией № 1.  
*E-mail: shalfiya@inbox.ru*  
<https://orcid.org/0000-0002-6751-8977>

**About the authors:**

- Darya V. Arefjeva* Acting Head of Laboratory No. 1.  
*E-mail: arefeva.dv@yandex.ru*  
<https://orcid.org/0000-0002-3879-8594>
- Tatyana B. Baltrukova* Leading Researcher at Laboratory No. 2, Dr. of Sci. (Med.), Professor.  
*E-mail: lab2niipmm@yandex.ru*  
<https://orcid.org/0000-0001-7516-9036>
- Vyacheslav V. Stepanov* Senior Researcher at Laboratory No. 2, Cand. of Sci. (Med.).  
*E-mail: lab2niipmm@yandex.ru*  
<https://orcid.org/0000-0001-6099-0833>
- Natalia A. Kozhukhova* Acting Head of Laboratory No. 2.  
*E-mail: lab2niipmm@yandex.ru*  
<https://orcid.org/0000-0002-6223-0173>
- Alfiya A. Shayakhmetova* Researcher at Laboratory No. 1.  
*E-mail: shalfiya@inbox.ru*  
<https://orcid.org/0000-0002-6751-8977>