

АПРИОРНАЯ ОЦЕНКА ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ РИСКОВ ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ РАБОТНИКОВ ПРЕДПРИЯТИЯ АТОМНОГО СУДОРЕМОНТА: КОГОРТНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

Ю. В. Грабский, Н. А. Кожухова*, В. В. Степанов, Д. В. Арефьева, С. Н. Трофимчук, А. Ю. Поторочина, А. Ю. Чуевский

Научно-исследовательский институт промышленной и морской медицины Федерального медико-биологического агентства, Санкт-Петербург, Россия

ВВЕДЕНИЕ. В статье рассматривается проблема оценки профессиональных рисков (ПР) на предприятиях атомного судоремонта в контексте реализации Стратегии развития судостроительной промышленности до 2036 года и на дальнейшую перспективу до 2050 года. Особое внимание уделяется комплексному воздействию производственных факторов на здоровье работников.

ЦЕЛЬ. Провести количественную оценку уровней ПР для здоровья работников предприятия атомного судоремонта при комплексном воздействии производственных факторов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Выполнены инструментальные измерения параметров производственной среды (шума, вибрации, воздействия химических веществ, ионизирующего излучения) в судокорпусном цехе. Использованы методы априорной оценки ПР согласно действующим нормативным документам. Проанализированы данные производственного контроля и специальной оценки условий труда за 2016–2023 гг.

РЕЗУЛЬТАТЫ. Выявлено значительное превышение предельно допустимых уровней по основным вредным факторам: химические вещества (до 14,2 раза), шум (до 37,5 дБА), вибрация (до 32 раз), радиационные факторы (МАЭД до 439,00 мкЗв/ч). Установлены высокие риски развития профессиональных заболеваний в основных производственных группах.

ОБСУЖДЕНИЕ. Проанализированы причины рисков, их влияние на здоровье работников и производительность труда. Предложены приоритетные направления снижения ПР: модернизация оборудования, улучшение условий труда, совершенствование системы производственного контроля.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Результаты исследования демонстрируют необходимость комплексного подхода к управлению ПР на предприятиях атомного судоремонта. Реализация предложенных мер позволит существенно снизить риски развития профессиональных заболеваний и сохранить здоровье работников.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: морская медицина, предприятия атомного судоремонта, шум, локальная вибрация, микроклимат, освещенность, аэрозоли преимущественно фиброгенного действия, вредные химические вещества, ионизирующее излучение

*Для корреспонденции: Кожухова Наталья Александровна, e-mail: lab2niipmm@yandex.ru

*For correspondence: Natalia A. Kozhukhova, e-mail: lab2niipmm@yandex.ru

Для цитирования: Грабский Ю. В., Кожухова Н. А., Степанов В. В., Арефьева Д. В., Трофимчук С. Н., Поторочина А. Ю., Чуевский А. Ю. Априорная оценка профессиональных рисков для здоровья работников предприятия атомного судоремонта: когортное исследование // *Морская медицина*. 2026. Т. 12, № 2. С. 38–48, EDN: <https://elibrary.ru/ZLBVPA>

For citation: Grabskiy Yu. V., Kozhukhova N. A., Stepanov V. V., Arefieva D. V., Trofimchuk S. N., Potorochina A. Yu., Chuevsky A. Yu. Priori estimate of occupational health risks of employees of a nuclear ship repair enterprise: a cohort study // *Marine Medicine*. 2026. Vol. 12, No. 2. P. 38–48, EDN: <https://elibrary.ru/ZLBVPA>

© Авторы, 2026. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Научно-исследовательский институт промышленной и морской медицины» Федерального медико-биологического агентства. Данная статья распространяется на условиях открытого доступа в соответствии с лицензией CCBY-NC-SA 4.0 («Attribution-NonCommercial-ShareAlike» / «Атрибуция-Некоммерчески-Сохранение Условий» 4.0), которая разрешает неограниченное некоммерческое использование, распространение и воспроизведение на любом носителе при указании автора и источника. Чтобы ознакомиться с полными условиями данной лицензии на русском языке, посетите сайт: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.ru>

PRIORI ESTIMATE OF OCCUPATIONAL HEALTH RISKS OF EMPLOYEES OF A NUCLEAR SHIP REPAIR ENTERPRISE: A COHORT STUDY

Yuri V. Grabsky, Natalia A. Kozhuhova*, Viacheslav V. Stepanov, Daria V. Arefieva, Svetlana N. Trofimchuk, Anastasiya Yu. Potorochina, Alexey Yu. Chuevskii

Research institute of industrial and maritime medicine of federal medical biological agency, Saint Petersburg, Russia

INTRODUCTION. The article examines the problem of assessing occupational risks (OR) at nuclear ship repair enterprises in the context of the implementation of the Strategy for the Development of the Shipbuilding Industry until 2036 and beyond until 2050. Particular attention is paid to the complex impact of production factors on the health of workers.

OBJECTIVE. To conduct a quantitative assessment of OR levels for workers' health at a nuclear ship repair enterprise under the complex influence of production factors.

MATERIALS AND METHODS. Instrumental measurements of the production environment (noise, vibration, chemical exposure, and ionizing radiation) were performed in the shipbuilding workshop. Priori estimate methods were used in accordance with current regulatory documents. Industrial monitoring data and a special assessment of working conditions for 2016–2023 were analyzed.

RESULTS. A significant excess of maximum permissible levels were detected for the main harmful factors: chemicals (up to 14.2 times), noise (up to 37.5 dBA), vibration (up to 32 times), and radiation factors (MADER up to 439.00 $\mu\text{Sv/h}$). High risks of developing occupational diseases were identified in the main production groups.

DISCUSSION. Risk causes and their impact on worker health and productivity were analyzed. Priority areas for reducing risks were proposed: equipment modernization, improved working conditions and enhancement of industrial control systems.

CONCLUSION. The study results demonstrate the need for a comprehensive approach to occupational health and safety management at nuclear ship repair facilities. Implementation of the proposed measures will significantly reduce the risk of occupational diseases and maintain worker health.

KEYWORDS: marine medicine, maritime medicine, nuclear ship repair facilities, noise, local vibration, microclimate, illumination, aerosols of predominantly fibrogenic action, harmful chemicals, ionizing radiation

Введение. Согласно Стратегии развития судостроительной промышленности на период до 2036 года и на дальнейшую перспективу до 2050 года в редакции распоряжения Правительства Российской Федерации от 12.05.2025 № 1181-р «...судостроительная промышленность играет ключевую роль в обеспечении национальной безопасности Российской Федерации». Перечень мероприятий по эффективному достижению стратегических целей включает «улучшение условий труда и безопасности производства путем внедрения новых технологий и материалов, а также стимулирования работодателей к увеличению расходов на охрану труда и промышленную безопасность».

Результаты ранее проведенных исследований на предприятиях атомного судоремонта в Северо-Западном федеральном округе показали, что работники этих предприятий подвергаются комплексному воздействию производственных факторов физической и химической природы: ионизирующему излучению, шуму, локальной вибрации, недостаточной освещенности, вредных химических веществ (ВХВ),

аэрозолей, преимущественно фиброгенного действия (АПФД). Анализ заболеваемости специалистов основных профессий, которые непосредственно выполняли ремонт атомных морских объектов (АМО), выявил повышенные уровни заболеваемости с временной утратой трудоспособности [1 – 4].

Результаты анализа научно-технической и патентной литературы по проблеме сохранения здоровья и продления профессионального долголетия персонала судоремонтных предприятий показывают, что наиболее значимыми вредными и/или опасными производственными факторами (ВОПФ) являются шум, локальная вибрация, охлаждающий или нагревающий микроклимат, загрязнение воздуха ВХВ, АПФД [1–4]. Воздействие перечисленных факторов на организм человека увеличивает риск развития профессиональных, производственно-обусловленных и соматических заболеваний, в частности нейросенсорной тугоухости, вибрационной болезни (ВБ), плечелопаточного периартрита, гипертонической болезни и др. Увеличение заболеваемости, в том числе с временной утратой трудоспособности, повышает

уровень трудопотерь, приводит к увеличению случаев медицинских противопоказаний по допуску к работе, ухудшает производительность труда и сокращает профессиональное долголетие квалифицированных специалистов. Перечисленные выше факторы являются определяющими в отношении производственной и экономической эффективности судоремонтных предприятий, в особенности предприятий, выполняющих работы в рамках государственного оборонного заказа [5, 6].

Ремонтные работы на предприятиях атомного судоремонта проводятся как в закрытых производственных помещениях (цехах и эллингах), так и на открытых площадках (достроечных набережных, док-камерах, плавучих доках).

Отличительной особенностью выполнения судоремонтных работ является отсутствие разделения в пространстве и времени различных по характеру технологических операций [4]. При этом рабочее место, как правило, четко не закреплено за работником и представляет собой рабочую зону. Следует отметить, что работники (особенно при проведении работ внутри корпуса АМО) подвергаются воздействию комплекса ВОПФ, что имеет значение для оценки риска развития профессиональных и производственно-обусловленных заболеваний.

Отличительной особенностью производственной среды предприятий атомного судоремонта, обслуживаемых ФМБА России, является воздействие ионизирующего излучения (γ - и нейтронное излучение, радиоактивное загрязнение поверхностей и оборудования, радиоактивные газы и аэрозоли) на работников, находящихся в зоне строгого режима, организуемой на АМО в процессе их ремонта [1, 5].

Цель. Провести количественную оценку уровней профессиональных рисков (ПР), обусловленных комплексным воздействием производственных факторов, для здоровья работников предприятия атомного судоремонта.

Материалы и методы. Измерения параметров шума (эквивалентные уровни звука) и локальной вибрации (эквивалентные корректированные уровни виброускорения), микроклимата, световой среды (освещенность), радиационных факторов (мощность амбиентного эквивалента дозы – МАЭД, плотность потока β -частиц, объемная активность радонуклидов в воздухе), концентраций ВХВ

и АПФД в воздухе рабочей зоны проводили в судокорпусном цехе предприятия, осуществляющего ремонт АМО. Были обследованы рабочие места специалистов основных профессий (судокорпусники-ремонтники, сборщики-достройщики, электросварщики, сварщики ручной сварки, слесари-монтажники, электромонтажники, газорезчики), вспомогательного персонала (регулировщики радиационной аппаратуры, дежурные вахтенной службы, а также по АМО и в зоне строгого режима, вахтенные взрывопожароопасных работ, уборщицы, дозиметристы, кастелянши), административного персонала (начальник отдела лаборатории внешней среды, начальник дозиметрической службы). Параметры производственных факторов измеряли поверенными средствами измерений, включенными в перечень утвержденных к применению на территории Российской Федерации, на основании аттестованных методик. Проанализированы данные производственного контроля предприятия (судокорпусной цех) за 2020–2023 гг., а также результаты специальной оценки условий труда за 2016, 2018–2020, 2022–2023 гг.

Априорную оценку ПР для здоровья работников по результатам инструментальных исследований химического фактора проводили в соответствии с руководством Р 2.2.3969-23¹, а также с использованием модели ПР от воздействия химических веществ в воздухе рабочей зоны с помощью уравнений индивидуальных порогов, приведенной в работах [7, 8].

Оценка априорного (прогностического) ПР для здоровья работников, связанного с воздействием шума выше 80 дБА, выполнена в соответствии с п. 1.2. приложения 2 к Руководству Р 2.2.3969-23². Для оценки и прогноза отдаленных последствий воздействия зарегистрированных уровней шума применяли уравнение, определяющее стажевую дозу шума.

¹Руководство Р 2.2.3969-23. Гигиена труда. Руководство по оценке профессионального риска для здоровья работников. Организационно-методические основы, принципы и критерии оценки. Москва: Безопасность труда и жизни, 2023. 77 с.

²Руководство Р 2.2.2006-05. Гигиена труда. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда. Санкт-Петербург: ЦОТПВСППО, 2005. 108 с.

Таблица 1

Критерии для категорирования уровней риска по результатам количественной вероятности тяжести профессиональных заболеваний и болезней, связанных с условиями труда

Table 1

Criteria for categorizing risk levels based on the quantitative probability of the severity of occupational diseases and work-related illnesses

Характеристика условий труда по Р 2.2.2006-05 ²	Класс условий труда по Р 2.2.2006-05 ²	Вероятность развития неблагоприятных эффектов, %	Уровни профессионального риска по Р 2.2.3969-23 ¹	Категория профессионального риска по Р 2.2.3969-23 ¹
Оптимальный	1	До 2–5	Менее 1×10^{-4}	Пренебрежимо малый риск
Допустимый	2	5–16	$1 \cdot 10^{-4} - 1 \cdot 10^{-3}$	Малый риск
Вредный	3.1	16–25	$1 \cdot 10^{-3} - 1 \cdot 10^{-2}$	Умеренный риск
	3.2	25–33	$1 \cdot 10^{-2} - 3 \cdot 10^{-2}$	Средний риск
	3.3	33–50	$3 \cdot 10^{-2} - 1 \cdot 10^{-1}$	Высокий риск
	3.4	50–80	$1 \cdot 10^{-1} - 3 \cdot 10^{-1}$	Очень высокий риск
Опасный (экстремальный)	4	Более 80	$3 \cdot 10^{-1} - 1$	Экстремально высокий риск

Вероятность развития ВБ под воздействием локальной вибрации оценивали с применением трех моделей, приведенных в п. 2 приложения 2 к Руководству Р 2.2.3969-23¹.

Количественную оценку ПР для здоровья работников производили в соответствии с п. 6.3 Руководства Р 2.2.3969-23¹ в диапазоне значений от 0 до 1 (0 – отсутствие риска; 1 – неизбежность полной утраты здоровья).

Для характеристики ПР использовали нормативные документы (Р 2.2.3969-23¹; Р 2.2.2006-05²). На основании представленных в них критериев была произведена интеграция уровней и категорий ПР (табл. 1).

Радиационно-гигиеническая оценка производственной среды выполнена на основе следующих нормативных документов:

- Руководство Р 2.6.5.07-2019 «Гигиенические критерии специальной оценки и классификации условий труда при работах с источниками ионизирующего излучения»³;

- Руководство Р 2.2.2006-05 «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда»².

Категории радиационного риска характеризовали согласно критериям^{2,3}, приведенным в табл. 2 [9,10].

Для оценки априорного радиационного риска использована модель расчета радиационных рисков, принятая в СанПиН 2.6.1.2523-09 «Нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009»⁴.

Результаты. Результаты исследований показали, что в воздухе рабочей зоны сварщиков ручной сварки, газорезчиков, судокорпусников-ремонтников отмечались высокие концентрации:

- никеля (никель оксиды по никелю) – класс условий труда (КУТ) от 3.1 (превышение предельной допустимой концентрации (ПДК) до 1,8 раз) до 3.4 (превышение ПДК до 14,2 раза) (категория ПР – от «умеренный риск» до «очень высокий риск»). Вероятность развития неблагоприятных эффектов – от 16–25 до 50–80 %;

- марганца в сварочном аэрозоле при его содержании до 20 % – КУТ-3.1 (превышение ПДК до 3,2 раза) (категория ПР – «умеренный риск»). Вероятность развития неблагоприятных эффектов – 16–25 %;

- аэрозолей дезинтеграции оксидов марганца (КУТ-3.2, превышение ПДК до 6 раз, категория

³Р 2.6.5.07-2019 «Гигиенические критерии специальной оценки и классификации условий труда при работах с источниками ионизирующих излучения». Москва: Федеральное медико-биологическое агентство, 2019. 14 с.

⁴СанПиН 2.6.1.2523-09. «Нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009». Москва: Роспотребнадзор, Федеральный центр гигиены и эпидемиологии, 2009. 101 с.

Таблица 2

**Критерии профессиональных рисков по результатам оценки условий труда при работе
с источниками ионизирующих излучений**

Table 2

**Criteria for occupational risks based on the assessment of working conditions when working
with sources of ionizing radiation**

Класс условий труда	Уровни пожизненного радиационного риска	Категория профессионального риска	Мероприятия по снижению риска
Допустимый – 2	Менее $2,5 \cdot 10^{-4}$	Пренебрежимо малый (переносимый)	Меры по снижению риска в соответствии с принципом оптимизации
Вредный – 3.1	От $2,5 \cdot 10^{-4}$ до $5,0 \cdot 10^{-4}$	Малый (умеренный)	
Вредный – 3.2	От $5,0 \cdot 10^{-4}$ до $1,0 \cdot 10^{-3}$	Средний (существенный)	
Вредный – 3.3	От $1,0 \cdot 10^{-3}$ до $2,5 \cdot 10^{-3}$	Высокий	Требуются обязательные меры по снижению риска
Вредный – 3.4	От $2,5 \cdot 10^{-3}$ до $5,0 \cdot 10^{-3}$	Очень высокий	

ПР – «средний риск»). Вероятность развития неблагоприятных эффектов – 25–33 %;

Концентрация кремния диоксида аморфного в смеси с оксидами марганца в виде аэрозоля конденсации с содержанием каждого из них (АПФД, умеренно- и слабофиброгенная пыль) не более 10 % в воздухе рабочей зоны электросварщиков и сборщиков-достройщиков при выполнении сварочных работ и «прихватке» превышает предельный допустимый уровень (ПДУ) до 8 раз (КУТ-3.2, категория ПР – «средний риск»). Вероятность развития неблагоприятных эффектов – 25–33 %.

Зарегистрировано превышение ПДУ эквивалентного уровня звука по СанПиН 1.2.3685-21⁵, которое на рабочих местах специалистов основных профессий и вспомогательного персонала составляет от 5 дБА (КУТ-3.1) до 37,5 дБА (КУТ – 4).

Вероятность развития профессионального заболевания, связанного с воздействием шума выше 80 дБА (нейросенсорная тугоухость), при стаже работы в профессии 25 лет для судокорпусника-ремонтника составляет, в зависимости от эквивалентного уровня шума, от 22,7 (средний риск) до более 71,5 % (высокий риск); для сварщика ручной свар-

ки – от 9,3 (умеренный риск) до 63,9 % (средний риск); для газорезчика – от 9,3 (умеренный риск) до 66,8 % (высокий риск); для слесаря-монтажника судового – от 20,4 (средний риск) до 66,8 % (высокий риск).

Выборочные измерения эквивалентного корректированного уровня виброускорения на пяти рабочих местах основного и вспомогательного персонала при работе с ручным механизированным инструментом показали превышение ПДУ по СанПиН 1.2.3685-21⁵ от 2 до 32 раз (КУТ 3.3-4).

Вероятность развития синдрома «белых пальцев» и ВБ I степени (модели 1-го и 2-го вибрационного воздействия) при стаже работы в профессии 20 лет для судокорпусника-ремонтника по Р 2.2.3969-23¹ составляет > 50 %, а вероятность развития ВБ I–II степени (модель 3-го вибрационного воздействия) – 12 % (экстремально высокий ПР). Вероятность развития синдрома «белых пальцев» для слесаря-монтажника судового составляет > 50 %, ВБ I степени – от 28 до > 50 %, ВБ I–II степени – от 6 до 12 % (высокий риск – экстремально высокий риск). Аналогичный показатель для профессии гуммировщика составляет > 50 %, ВБ I степени – от 38 до > 50 %, ВБ I–II степени – 9 % (очень высокий риск).

Дополнительный риск ВБ с учетом силовых характеристик применяемого ручного механизированного инструмента в соответствии с Р 2.2.3969-23¹ может возрасти в 1,1–1,7 раза для модели 1-го вибрационного воздействия (синдром «белых пальцев») и в 1,1–1,3 раза

⁵СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания. Москва, Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2021. 988 с.

для модели 3-го вибрационного воздействия (ВБ I–II степени) при условии, что масса применяемых ручных машин в цехе не превышает 4,6 кг, за исключением инструмента ударного действия, который используют крайне редко.

Результаты производственного контроля и собственных измерений параметров микроклимата свидетельствуют о том, что в зависимости от проведенных расчетов эмпирического интегрального показателя ТНС-индекса, показателей комфортности микроклимата PMV и PPD⁶ и критериев параметров микроклимата, изложенных в руководстве Р 2.2.2006-05², можно оценить микроклимат на непостоянных рабочих местах специалистов основных профессий и вспомогательного персонала как «нагревающий» с низкой относительной влажностью воздуха и установить КУТ-3.1. Категория ПР по Р 2.2.3969-23¹ – «умеренный риск», при котором вероятность развития неблагоприятных эффектов может составить 16–25 % при уровне ПР $1 \cdot 10^{-3} - 1 \cdot 10^{-2}$.

Риск перегревания при 1-й степени 3-го класса условий труда специалистов основных профессий и вспомогательного персонала судокорпусного цеха определяют как умеренный, а его последствия оценивают следующим образом: напряжение реакций терморегуляции – умеренное, снижение физической работоспособности – до 19 % (от исходного), снижение производительности труда при физической работе – до 22 %, при умственной работе – до 12 %.

В пролетах судокорпусного цеха на 5–6 ярусах вне постоянных рабочих мест температура воздуха в холодный период года опускалась до 1–7 °С. Выполнение работ при данных параметрах микроклимата относится к КУТ-3.4 (категория ПР – «очень высокий риск»). В данном случае вероятность развития неблагоприятных эффектов может составить 50–80 % при уровне ПР $1 \cdot 10^{-1} - 3 \cdot 10^{-1}$. При характеристике степени охлаждения напряжение реакций терморегуляции при КУТ-3.4 рабочих основного и вспомогательного персонала судокорпусного цеха оценивают как «сильное». Возможно снижение общей физической работоспособности до 12,8 %

от исходной, мануальной – от 15 (кисть) до 27 % (пальцы).

Для производственных помещений характерно совмещенное освещение: верхнее и/или боковое естественное и искусственное. В судокорпусном цехе наблюдается недостаточная освещенность на рабочих местах, расположенных преимущественно на нижних ярусах. Для организации общего искусственного освещения в отсеках, а также в местах выполнения разовых работ применяют переносные светильники закрытого типа. При этом на некоторых рабочих местах отмечается недостаточная освещенность рабочих поверхностей за счет тени, отбрасываемой работником и используемыми инструментами. На АМО, расположенном на достроечной набережной, освещение неравномерное за счет полного насыщения отсеков оборудованием. Отмечается сниженная контрастность объекта различения и фона.

Результаты производственного контроля свидетельствуют о недостаточной освещенности при расположении непостоянных рабочих мест на строительных лесах (ярусах) и подошве судокорпусного цеха при выполнении работ, не требующих напряжения зрительного анализатора (VIII разряд зрительной работы), КУТ-3.1 (категория ПР – «умеренный риск»). Результаты собственных измерений свидетельствуют о недостаточной освещенности на рабочих местах в отсеках и ремонтируемых АМО при выполнении грубых (очень малой точности) работ (VI разряд зрительной работы), КУТ-3.1 (категория ПР – «умеренный риск»).

Следует отметить, что как снаружи, так и внутри ремонтируемого АМО зачастую отмечается чрезмерная искусственная освещенность, превышающая нормативную (200 лк) до 5 раз. Однако это не отражается на установлении класса условий труда, который, в соответствии с Р 2.2.2006-05², оценивается как допустимый.

При оценке радиационного риска необходимо учитывать, что в процессе ремонта АМО могут быть использованы два подхода: с выгрузкой активной зоны либо без нее. Согласно полученным нами данным, значения МАЭД на рабочих местах персонала предприятия варьируют в достаточно широком диапазоне – от 0,10 до 439,00 мкЗв/ч (в помещениях реакторного отсека). Радиоактивное загрязнение поверхностей рабочих помещений на АМО достигает значе-

⁶ГОСТ Р ИСО 7730-2009. Эргономика термальной среды. Аналитическое определение и интерпретация комфортности теплового режима с использованием расчета показателей PMV и PPD и критериев локального теплового комфорта. Москва: Стандартинформ; 2011. 43 с.

ний 7000 част./($\text{см}^2/\text{мин}$), что, однако, не превышает допустимых уровней для поверхностей помещений периодического пребывания персонала и находящегося в них оборудования⁴. Значения суммарной активности радионуклидов в воздухе рабочих помещений значительно ниже установленного контрольного уровня на предприятии.

По данным производственного контроля радиационной обстановки, КУТ по ионизирующему излучению при выполнении ремонтных работ на АМО варьирует от допустимых до опасных^{2,3}. Самые неблагоприятные условия труда по ионизирующему излучению (КУТ от 3.4 до 4) установлены на рабочих местах дефектоскопистов γ - и рентгенографирования. Значения МАЭД при выполнении работ по радиоизотопной и рентгеновской дефектоскопии на ремонтируемых АМО превышают установленный контрольный уровень (100 мкЗв/ч) в 5–9 раз.

Средние значения индивидуальных эффективных и коллективных годовых доз облучения за рассмотренный шестилетний период на предприятии имеют склонность к увеличению при одновременно наблюдаемой тенденции к сокращению общей численности персонала группы А, что говорит об увеличении рабочей нагрузки на персонал. Наиболее высокие значения средних индивидуальных годовых эффективных доз среди различных групп персонала группы А отмечены у дефектоскопистов γ - и рентгенографирования, между остальными профессиональными группами статистически значимых различий не выявлено.

Оценка пожизненного радиационного риска проведена для дефектоскопистов γ - и рентгенографирования, средняя индивидуальная годовая эффективная доза для которых за 2018–2023 гг. составила $1,57 \text{ мЗв}$. Если профессиональная деятельность работника будет осуществляться с указанной дозой на протяжении всей профессиональной деятельности (50 лет), то значение пожизненного радиационного риска составит $0,78 \cdot 10^{-4}$, что соответствует категории «пренебрежимо малый (переносимый)».

Обсуждение. Воздействие факторов химической природы на персонал судоремонтных предприятий сопряжено с присутствием в воздухе рабочей зоны ВХВ, АПФД, образующихся при проведении сварочных, зачистных, окра-

сочных, гуммировочных и изоляционных работ. Состав химических смесей, поступающих в воздух рабочей зоны, зависит от химического состава используемых материалов, а также технологий производства отдельных работ (сварки, резки материалов и др.) и их интенсивности. Технологические процессы ремонта АМО сопровождаются выделением в воздух рабочей зоны высокотоксичных (оксиды хрома, марганца и др.) веществ, а также элементов с остронаправленным механизмом действия (оксиды углерода и азота) и ряда органических веществ (эпихлоргидрин, акрилонитрат, формальдегид, органические растворители и др.), обладающих общетоксическим, аллергическим, канцерогенным и иными эффектами. Воздействию ВХВ и АПФД в основном подвергаются судокорпусники-ремонтники, сварщики ручной сварки, маляры, гуммировщики, изолировщики судовые.

Существенный вклад в шумовую нагрузку на рабочих местах специалистов основных профессий и вспомогательного персонала вносят зачистные работы с использованием ручного механизированного инструмента, электродуговая строжка, газорезка и сварочные работы. Дополнительным источником шума при ремонте АМО является работа систем вентиляции (местной и/или общеобменной).

К профессиям с повышенным уровнем шума на рабочем месте относятся судокорпусники-ремонтники, сборщики-достройщики, газорезчики, гуммировщики, слесари-монтажники судовые, сварщики ручной сварки. Согласно полученным категориям ПР, на рабочих местах судокорпусников-ремонтников, газорезчиков и слесарей-монтажников судовых требуются неотложные меры по снижению ПР, а для сварщика ручной сварки – меры по снижению ПР в установленные сроки¹.

Основными источниками локальной вибрации на предприятии являются ручной механизированный и немеханизированный инструменты (машины ручные зачистные пневматические, машины угловые пневматические шлифовальные, кувалды, молотки). Основными специалистами, подвергающимися воздействию локальной вибрации, являются судокорпусники-ремонтники, слесари-монтажники судовые, гуммировщики.

Согласно категориям ПР на рабочих местах судокорпусников-ремонтников, слесарей-мон-

тажников судовых и гуммировщиков требуются неотложные меры по снижению ПР (КУТ-3.3). Работы нельзя начинать или продолжать до снижения ПР (КУТ-3.4) вплоть до того, что работы должны проводиться только по специальным регламентам (КУТ-4).

Оценивая параметры микроклимата на рабочих местах, можно констатировать относительно больший риск переохлаждения работников, особенно задействованных в пролетах судокорпусного цеха вне постоянных рабочих мест.

При хроническом воздействии пониженной температуры воздуха при КУТ-3.4 возможно:

- развитие заболеваний: облитерирующий эндартериит, вегетативно-сенсорная полиневропатия (ангионевроз), нейроциркуляторная дистония;
- возникновение жалоб на онемение (у 20 % обследованных) и ноющие боли в руках, вегето-сосудистые нарушения (у 38 % обследованных);
- сокращение срока развития вибрационной болезни (на 4–5 лет) при сочетанном воздействии холода и локальной вибрации;
- профессиональные нейроваскулиты (при стаже до 10 лет включительно – субъективные нарушения, при стаже более 10 лет – выраженные формы патологии).

Недостаточная освещенность рабочих мест повышает вероятность производственного травматизма [11], а избыточная приводит к чрезмерной нагрузке на зрительный анализатор и переутомлению. Таким образом, важно следить не только за соблюдением норм освещенности, но и за отсутствием значительного превышения установленных значений.

При наличии широкого диапазона КУТ по ионизирующему излучению на отдельных рабочих местах (от допустимых до опасных) значение пожизненного радиационного риска соответствует категории «пренебрежимо малый (переносимый)». В то же время средние значения индивидуальных эффективных и коллективных годовых доз облучения за исследованный период имеют тенденцию к увеличению.

Необходимо отметить, что гигиенические критерии оценки и классификации условий труда при работе с ионизирующим излучением имеют выраженные особенности по сравнению с другими производственными факторами: степень вредности условий труда определяет-

ся не выраженностью проявления у работающих пороговых детерминированных эффектов, а увеличением риска возникновения стохастических беспороговых эффектов, условия труда характеризуются как вредные даже при соблюдении гигиенических нормативов.

Модель расчета радиационных рисков, принятая в СанПиН 2.6.1.2523-09 «Нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009»⁴, в отличие от модели, представленной в публикации № 109 Международной комиссии по радиологической защите⁷, не учитывает индивидуальные особенности персонала (возраст, пол, стаж работы), что не позволяет рассчитать индивидуальные риски. Разработка и внедрение системы оценки индивидуальных рисков способствовали бы реализации комплексного подхода к управлению дозовыми нагрузками путем определения групп персонала, нуждающегося в снижении облучения с учетом производственных ресурсов; выявлению работников, для которых возможно увеличение дозы; формированию плана распределения дозовых нагрузок для достижения целевых показателей коллективной дозы.

Заключение. Проведенное исследование позволило установить основные факторы, обуславливающие комплекс ПР для здоровья работников предприятий атомного судоремонта. Количественно охарактеризовано сочетанное воздействие производственных факторов физической и химической природы, создающее условия для формирования указанных рисков. Определены численные значения рисков развития профессиональных заболеваний, радиационного риска, спрогнозировано негативное влияние производственных факторов на работоспособность персонала.

Установлено значительное превышение предельно допустимых концентраций химических веществ в воздухе рабочей зоны, в особенности – концентраций никеля (до 14,2 раза) и марганца (до 6 раз). Выявлены критические уровни шумового воздействия, достигающие 37,5 дБА, что создает опасность развития нейросенсорной тугоухости у судокорпусников-ремонтников с вероятностью до 71,5 %. Риск развития вибрационной болезни I–II степени при воздействии локальной вибрации у специалистов основных

⁷The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection // ICRP, 2007. ICRP Publication 103. Ann. ICRP 37 (2 – 4).

профессий достигает 50 %. Неблагоприятные параметры микроклимата на рабочих местах обуславливают риски для здоровья персонала, оцениваемые от умеренных до очень высоких, что может привести к снижению работоспособности до 22 %. Значительные ПР выявлены при использовании тяжелого ручного механизированного инструмента судокорпусниками-ремонтниками, а также у дефектоскопистов, подвергающихся воздействию ионизирующего излучения.

Наибольшую опасность в плане ущерба здоровью работников предприятий атомного судоремонта представляет сочетанное воздействие вредных производственных факторов. Технология работ по ремонту АМО предполагает длительное воздействие на специалистов основных профессий комплекса химических, физических (включая радиационный) факторов, что усугубляет воздействие неблагоприятного микроклимата, особенно вне постоянных рабочих мест.

Обращает на себя внимание установленная при работе тенденция к увеличению индивидуальных эффективных и коллективных годовых доз облучения персонала за рассмотренный шестилетний период при сокращении общей численности персонала группы А, что говорит об увеличении производственной нагрузки на персонал. В этих условиях есть основания

предполагать в ближайшем будущем увеличение нерадиационных ПР, особенно при их соетанном воздействии.

Для снижения выявленных рисков необходимо реализовать комплекс мер, включающий модернизацию оборудования и технологических процессов, внедрение современных систем вентиляции и освещения, оптимизацию режимов труда и отдыха, усиление производственного контроля, обеспечение работников эффективными средствами индивидуальной защиты. Необходимо разработка методов индивидуальной оценки рисков, создание системы прогнозирования профессиональной патологии и совершенствование механизмов управления ПР.

Особое внимание следует уделить системе управления индивидуальными рисками при работе с ионизирующим излучением, включая дифференцированный подход к распределению дозовых нагрузок. Реализация предложенных мероприятий позволит существенно снизить ПР, сохранить здоровье работников и повысить эффективность производства, что соответствует стратегическим задачам развития судостроительной отрасли. При этом важно обеспечить постоянный мониторинг эффективности внедряемых мер и их своевременную корректировку.

Сведения об авторах

Грабский Юрий Валентинович – кандидат медицинских наук, врио директора, Научно-исследовательский институт промышленной и морской медицины Федерального медико-биологического агентства; Россия, 196143, Санкт-Петербург, пр. Юрия Гагарина, д. 65; ORCID: 0000-0002-8563-3290; e-mail: niipmm@fmbamail.ru

Кожухова Наталья Александровна – и. о. заведующего лабораторией № 2, Научно-исследовательский институт промышленной и морской медицины Федерального медико-биологического агентства; Россия, 196143, Санкт-Петербург, пр. Юрия Гагарина, д. 65; ORCID: 0000-0002-6223-0173; e-mail: lab2niipmm@yandex.ru

Степанов Вячеслав Владиленович – кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник лаборатории № 2, Научно-исследовательский институт промышленной и морской медицины Федерального медико-биологического агентства; Россия, 196143, Санкт-Петербург, пр. Юрия Гагарина, д. 65; ORCID: 0000-0001-6099-0833; e-mail: vvs-niipmm@yandex.ru

Арефьева Дарья Владимировна – и. о. заведующего лабораторией № 1, Научно-исследовательский институт промышленной и морской медицины Федерального медико-биологического агентства; Россия, 196143, Санкт-Петербург, пр. Юрия Гагарина, д. 65; ORCID: 0000-0002-3879-8594; e-mail: lab1niipmm@yandex.ru

Трофимчук Светлана Николаевна – научный сотрудник лаборатории № 2, Научно-исследовательский институт промышленной и морской медицины Федерального медико-биологического агентства; Россия, 196143, Санкт-Петербург, пр. Юрия Гагарина, д. 65; ORCID: 0000-0002-8726-7044; e-mail: svetolstova@yandex.ru

Поторочина Анастасия Юрьевна – младший научный сотрудник лаборатории № 2, Научно-исследовательский институт промышленной и морской медицины Федерального медико-биологического агентства; Россия, 196143, Санкт-Петербург, пр. Юрия Гагарина, д. 65; ORCID: 0000-0002-7956-716X; e-mail: a.kouur@mail.ru

Чувеский Алексей Юрьевич – младший научный сотрудник лаборатории № 2; Научно-исследовательский институт промышленной и морской медицины Федерального медико-биологического агентства; Россия, 196143, Санкт-Петербург, пр. Юрия Гагарина, 65; ORCID: 0009-0002-6961-7431; e-mail: chuevskiialexexi@gmail.com

Information about the authors

Yuri V. Grabsky – Dr. of Sci. (Med.), Interim Director, Scientific Research Institute of Industrial and Maritime Medicine of the Federal Medical and Biological Agency; Russia, 196143, St. Petersburg, Yuri Gagarin Ave., 65; ORCID: 0000-0002-8563-3290; e-mail: niipmm@fmbamail.ru

Natalia A. Kozhuhova – Acting Head of Laboratory No. 2, Scientific Research Institute of Industrial and Maritime Medicine of the Federal Medical and Biological Agency; Russia, 196143, St. Petersburg, Yuri Gagarin Ave., 65; ORCID: 0000-0002-6223-0173; e-mail: lab2niipmm@yandex.ru

Viacheslav V. Stepanov – Dr. of Sci. (Med.), Senior Researcher at Laboratory No. 2, Scientific Research Institute of Industrial and Maritime Medicine of the Federal Medical and Biological Agency; Russia, 196143, St. Petersburg, Yuri Gagarin Ave, 65; ORCID: 0000-0001-6099-0833; e-mail: vvs-niipmm@yandex.ru

Daria V. Arefieva – Acting Head of Laboratory No. 1, Scientific Research Institute of Industrial and Maritime Medicine of the Federal Medical and Biological Agency; Russia, 196143, St. Petersburg, Yuri Gagarin Avenue, 65; ORCID: 0000-0002-3879-8594; e-mail: lab1niipmm@yandex.ru

Svetlana N. Trofimchuk – Researcher at Laboratory No. 2, Scientific Research Institute of Industrial and Maritime Medicine of the Federal Medical and Biological Agency, St. Petersburg, Russia, 196143, St. Petersburg, Yuri Gagarin Avenue, 65; ORCID: 0000-0002-8726-7044; e-mail: svetvolstova@yandex.ru

Anastasiya Yu. Potorochina – Junior Researcher at Laboratory No. 2, Scientific Research Institute of Industrial and Maritime Medicine of the Federal Medical and Biological Agency; Russia, 196143, St. Petersburg, Yuri Gagarin Ave., 65; ORCID: 0000-0002-7956-716X; e-mail: a.koyur@mail.ru

Alexey Yu. Chuevskii – Junior Researcher at Laboratory No. 2, Scientific Research Institute of Industrial and Maritime Medicine of the Federal Medical and Biological Agency; Russia, 196143, St. Petersburg, Yuri Gagarin Ave., 65; ORCID: 0009-0002-6961-7431; e-mail: chuevskii@alexei@gmail.com

Вклад авторов. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства, согласно международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

Наибольший вклад распределен следующим образом: концепция и план исследования – Ю. В. Грабский, Н. А. Кожухова; сбор и анализ данных – В. В. Степанов, Д. В. Арефьева, С. Н. Трофимчук; подготовка рукописи – А. Ю. Потерочина, А. Ю. Чуевский.

Authors' contributions. All authors according to the ICMJE criteria participated in the development of the concept of the article, obtaining and analyzing factual data, writing and editing the text of the article, checking and approving the text of the article.

Special contribution: YuVG, NAK concept and plan of the study. VVS, DVA, SNT data collection and analysis. AYUP, AYUCh preparation of the manuscript.

Потенциальный конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Disclosure. The authors declare that they have no competing interests.

Финансирование: исследование выполнено в рамках государственного задания от 25.12.2024 № 388-00094-25-00 (per. № НИ-ОКТР 123031700066-1).

Funding: the study was carried out as part of the state assignment dated 25.12.2024 № 388-00094-25-00 (R&D reg. no 123031700066-1).

Поступила/Received: 14.01.2026

Принята к печати/Accepted: 15.06.2026

Опубликована/Published: 30.06.2026

ЛИТЕРАТУРА/ REFERENCES

- 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 // *Медицина труда и промышленная экология*. 2025. Т. 65, № 3. С. 165–173 [Arefyeva D. V., Baltrukova T. B., Stepanov V. V., Kozhuhova N. A., Shayakhmetova A. A. Hygienic Assessment of Working Conditions for Personnel at Nuclear Shipbuilding and Ship Repair Facilities in the Handling of Radioactive Waste. *Occupational Medicine and Industrial Ecology*, 2025, Vol. 65, No. 3, pp. 165–173 (In Russ.)]. doi 10.31089/1026-9428-2025-65-3-165-173.
- Балтрукова Т. Б., Кожухова Н. А., Арефьева Д. В. Направления совершенствования системы профилактических мероприятий по сохранению здоровья работников предприятий атомного судоремонта // *Материалы 17-го Российского национального конгресса с международным участием «Профессия и здоровье» (Нижний Новгород, 26–29 сентября 2023 года)*. Нижний Новгород. 2023. С. 51–55 [Baltrukova T. B., Kozhukhova N. A., Arefyeva D. V. Directions for Improving the System of Preventive Measures to Preserve the Health of Employees at Nuclear Ship Repair Facilities *Materials of the 17th Russian National Congress with International Participation "Profession and health" (Nizhny Novgorod, September 26–29, 2023)*, Nizhny Novgorod, 2023, pp. 51–55 (In Russ.)]. doi 10.31089/978-5-6042929-1-4-2023-1-51-55.
- Кожухова Н. А., Морозов Д. Ю., Трофимчук С. Н. Анализ заболеваемости с временной утратой трудоспособности работников акционерного общества «Центр судоремонта «Звездочка» // *Материалы 4-го Международного молодежного форума «Профессия и здоровье» (Светлогорск, 5–7 июля 2022 года)*, Светлогорск, 2022, С. 120–123 [Kozhukhova N. A., Morozov D. Yu., Trofimchuk S. N. Analysis of Temporary Disability Among Employees of the Zvezdochka Ship Repair Center. *Proceedings of the 4th International Youth Forum «Profession and Health» (Svetlogorsk, July 5–7, 2022)*, Svetlogorsk, 2022, pp. 120–123 (In Russ.)]. doi 10.31089/978-5-6042929-6-9-2022-1-120-123.
- Крупкин А. Б., Степанов В. В., Саенко С. А., Ковыгин Г. Ф., Дохов М. А., Матвеев К. М., Горохов Н. В. Условия труда персонала при постройке, ремонте и утилизации атомных подводных лодок на предприятиях атомного судостроения и судоремонта // *Medline.ru*. 2023. Т. 14. С. 465–479 [Krupkin A. B., Stepanov V. V., Saenko S. A., Kovygin G. F., Dokhov M. A., Matveyev K. M., Gorokhov N. V. Working Conditions of Personnel During the Construction, Repair and

- Disposal of Nuclear Submarines at Nuclear Shipbuilding and Ship Repair Facilities. *Medline.ru*, 2023, Vol. 14, pp. 465–479 (In Russ.).
5. Арефьева Д. В., Шаяхметова А. А., Кожухова Н. А., Степанов В. В., Петушок А. В. Определение ведущих вредных и (или) опасных производственных факторов при выполнении работ по обращению с радиоактивными отходами // *Актуальные вопросы промышленной и морской медицины (Санкт-Петербург, 3–4 апреля 2024 г.)*. Санкт-Петербург, 2024. С. 49–57 [Arefyeva D. V., Shayakhmetova A. A., Kozhukhova N. A., Stepanov V. V., Petushok A. V. Identification of the Leading Harmful and (or) Dangerous Production Factors in the Process of Radioactive Waste Management. *Current Issues in Industrial and Marine Medicine (Saint Petersburg, April 3–4, 2024)*. St. Petersburg, 2024, pp. 49–57 (In Russ.).]
 6. Балтрукова Т. Б., Кожухова Н. А., Кочкина А. Ю. Условия труда работников судоремонтного предприятия. Субъективное восприятие и объективная реальность // *Актуальные вопросы промышленной и морской медицины (Санкт-Петербург, 3–4 апреля 2024 года)*, Санкт-Петербург, 2024, С. 65–76 [Baltrukova T. B., Kozhukhova N. A., Kochkina A. Yu. Working Conditions of Employees at a Ship Repair Facility. Subjective Perception and Objective Reality. *Current Issues in Industrial and Maritime Medicine (St. Petersburg, April 03–04, 2024)*, St. Petersburg, 2024, pp. 65–76 (In Russ.).]
 7. Мельцер А. В., Киселев А. В. Гигиеническое обоснование комбинированных моделей оценки профессионального риска // *Медицина труда и промышленная экология*. 2009. № 4. С. 1–5 [Melzer A. V., Kiselev A. V. Hygienic substantiation of combined models for assessing occupational risk. *Occupational Medicine and Industrial Ecology*, 2009, No. 4, pp. 1–5 (In Russ.).]
 8. Мельцер А. В., Ерастова Н. В., Киселев А. В. Гигиеническое обоснование моделей оценки априорного профессионального риска // *Профилактическая и клиническая медицина*. 2020. Т. 76, № 3. С. 12–20 [Melzer A. V., Erastova N. V., Kiselev A. V. Hygienic Justification of Models for Assessing A Priori Occupational Risk. *Preventive and Clinical Medicine*, 2020, Vol. 76, No. 3, pp. 12–20 (In Russ.).]
 9. Проскурякова Н. Л., Симаков А. В., Абрамов Ю. В. Гигиенические аспекты специальной оценки условий труда при работе с источниками ионизирующего излучения // *Медицинская радиология и радиационная безопасность*. 2022. Т. 67, № 4. С. 19–23 [Proskuryakova N. L., Simakov A. V., Abramov Yu. V. Hygienic Aspects of Special Assessment of Working Conditions When Working with Sources of Ionizing Radiation. *Medical Radiology and Radiation Safety*, 2022, Vol. 67, No. 4, pp. 19–23 (In Russ.).] doi: 10.33266/1024-6177-2022-67-4-19-23.
 10. Проскурякова Н. Л. Показатели оценки профессиональных рисков работников объектов использования атомной энергии // *Медицинская радиология и радиационная безопасность*. 2022. Т. 67, № 3. С. 36–40 [Proskuryakova N. L. Indicators of Assessment of Occupational Risks for Employees of Nuclear Power Plants. *Medical Radiology and Radiation Safety*, 2022, Vol. 67, No. 3, pp. 36–40 (In Russ.).] doi: 10.33266/1024-6177-2022-67-3-36-40.
 11. Бочарова А. М. Анализ влияния плохой освещенности на безопасность труда, ее расчет и методы улучшения // *Известия ТулГУ. Технические науки*. 2023. № 3. С. 310–312 [Bocharova A. M. Analysis of the Influence of Poor Illumination on Occupational Safety, Its Calculation, and Improvement Methods. *Izvestiya TulGU. Technical Sciences*, 2023, No. 3, pp. 310–312 (In Russ.).]