

**МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ЗДОРОВЬЯ РАБОЧИХ ПРЕДПРИЯТИЯ
АТОМНОГО СУДОРЕМОНТА С УЧЕТОМ ДЕЙСТВИЯ ФАКТОРОВ
ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СРЕДЫ**

Крупкин А.Б., Саенко С.А., Дохов М.А., Матвеев К.М.

Федеральное государственное унитарное предприятие

научно-исследовательский институт промышленной и морской медицины

Федерального медико-биологического агентства

196143, г. Санкт-Петербург, пр. Юрия Гагарина, д.65

Телефон (812) 415-94-30 , (812) 415-94-31; факс: (812) 415-94-58

e-mail: niipmm@fmbamail.ru

Резюме: Изучено влияние комплекса вредных производственных факторов на заболеваемость работников, занятых ремонтом и утилизацией атомных подводных лодок. Установлена наибольшая этиологическая доля влияния производственных факторов в развитии заболеваний костно-мышечной системы. Для прогноза заболеваемости костно-мышечной системы у работников атомного судоремонта установлена значимость контакта с локальной вибрацией и уровни вибрационной чувствительности на частотах 32 и 250 Гц.

Ключевые слова: предприятие атомного судоремонта, условия труда, вредные химические вещества, шум, локальная вибрация, прогнозирование заболеваемости.

**HEALTH MONITORING OF FACTORY WORKERS NUCLEAR SHIP REPAIR
CONSIDERING THE CURRENT ENVIRONMENT FACTORS**

Krupkin A.B., Saenko S.A., Dokhov M.A., Matveev K.M.

Federal State Unitary Enterprise

Research Institute of Industrial and Marine Medicine

Federal Medical-Biological Agency

Abstract: Study investigates the effect of a combination of harmful factors on the incidence of workers engaged in repair and disposal of nuclear submarines. Established the largest share etiologic influence of production factors in the development of diseases of the musculoskeletal system. For the prediction of disease of the musculoskeletal system in nuclear ship repair workers established the importance of contact with the local vibration levels and vibration sensitivity at frequencies of 32 and 250 Hz.

Key words: nuclear shipyard, work environment, harmful chemicals, noise, local vibration, forecast of morbidity.

Введение

Атомная подводная лодка представляет собой сложное инженерное сооружение, ее ремонт и утилизация сопряжены с определенными трудностями и плохо поддаются автоматизации. Малая степень механизации труда в условиях ограниченных, труднодоступных, недостаточно вентилируемых и освещаемых объемов помещений заказов с теплопоглощающими (металлическими) поверхностями создает особую производственную среду. Она характеризуется целым комплексом вредных и опасных производственных факторов физической и химической природы. Среди физических факторов, действующих на работников предприятий судостроения и судоремонта, виброшумовая нагрузка, недостаточная освещенность, неблагоприятные микроклиматические параметры). Химический состав воздуха рабочей зоны отличается большим разнообразием, и определяется, в первую очередь качественными и количественными характеристиками сварочного аэрозоля. Существенно, что вредные и опасные производственные факторы воздействуют с практически равной интенсивностью на рабочих основных судоремонтных профессий (газорезчиков, судокорпусников - ремонтников, электросварщиков, слесарей-монтажников).

Анализ профессионального риска в различных профессиональных группах позволяет изучить особенности воздействия вредных производственных факторов на состояние здоровья работников, определить наиболее подверженные действию факторов производственной среды органы и системы организма, предвидеть возникновение профессиональных и производственно обусловленных заболеваний.

В связи с этим, целью настоящей работы явилось изучение влияния факторов производственной среды на показатели заболеваемости персонала и выбор способа прогноза заболеваний по наиболее поражаемому органу или системе у лиц, занятых в атомном судоремонте.

Материал и методы

Исследование проводилось в несколько этапов в 2010–2013 годах. На первом этапе была осуществлена гигиеническая оценка параметров производственной среды, формирующейся в процессе ремонта и утилизации атомных подводных лодок (АПЛ) на предприятии атомного судоремонта, расположенном в Мурманской области. Результаты

служили основанием для формирования групп сравнения (основной и контрольной) из числа работников предприятия.

Для химического анализа воздушной среды проводили отбор проб дисперсной фазы аэрозолей конденсации и дезинтеграции в воздухе рабочей зоны аспирационным методом с использованием переносных ротационных установок на фильтры АФА, пробы газообразных веществ отбирались на поглотительные приборы. Экспрессное количественное определение токсических газов в воздухе рабочей зоны осуществлялось с использованием индикаторных трубок в соответствии с [4].

Определение вредных веществ в сварочном аэрозоле (твердая составляющая сварочного аэрозоля и газообразная составляющая сварочного аэрозоля) проводилось по методикам, изложенным в [1]; определение аэрозолей дезинтеграции (железо, электрокорунд) проводилось по [2, 3]. Оценка уровней запыленности и загазованности воздушной среды проводилась по [4, 5, 6].

Измерение уровней шума проводилось с использованием шумомера-анализатора спектра «Октава-110А» с микрофоном МК-265 в соответствии с [7]. Спектры шума анализировались в соответствии с [8]. Эквивалентные уровни звука, доза шума, допустимое время воздействия шума в течение рабочей смены, кратность превышения предельно допустимого уровня (ПДУ) шума определялись и оценивались в соответствии с [7 - 10].

Измерение уровней локальной вибрации, генерируемой ручным механизированным пневматическим (электрическим) инструментом вращательного действия проводилось с использованием виброметра портативного «Октава-110А» в соответствии с [19]. Спектральная характеристика и скорректированные эквивалентные уровни локальной вибрации анализировались и оценивались в соответствии с [11-16].

На втором этапе исследований проводили расчет профессионального риска по данным заболеваемости с временной утратой трудоспособности (ВУТ) за 2010–2013 годы, который включал в себя вычисление относительного риска (RR), отношения шансов (OR) развития заболеваний и этиологической доли вредных факторов рабочей среды (EF) в формировании профессиональных и производственно-обусловленных заболеваний. Оценку причинно-следственной связи заболеваемости с ВУТ с условиями труда приводили в соответствии приложения 1 Руководства 2.2.1766-03 и по шкале Э.И. Денисова [17]. Численность основной группы составила 217 (65,4 %) человек, средний возраст – 38 ± 3 года, вспомогательной – 115 (34,6 %) человек, средний возраст –

45±4 года. В качестве неэкспонированной группы для расчета риска выступало мужское трудоспособное население, не работавшее на заводе и проживающие рядом с ним (6102 человека, средний возраст 39±5 лет).

На третьем этапе был разработан способ прогноза профессионально обусловленной патологии костно-мышечной системы с учетом вибрационной чувствительности. Вибрационную чувствительность оценивали с помощью вибротестера МБН ВТ-02-01, работающего в автоматическом режиме. Было обследовано 72 человека, из которых 38 (52,8 %) человек относилось к «основной» группе. Их средний возраст составил $37,7 \pm 3,6$ лет, а средний стаж работы – $10,2 \pm 2,6$ лет. 34 работника (47,2 %) было из «вспомогательной» группы. Их средний возраст – $40,9 \pm 3,8$ лет, а средний стаж работы – $13,6 \pm 4,4$ лет.

Результаты

Судоостроение и, как его производная судоремонт – отрасли промышленности, где технологические особенности не позволяют разделить в пространстве, а зачастую и во времени различные по характеру производственные операции. Рабочее место четко не закреплено за рабочим: это скорее зона обслуживания с преобладанием ручного или не полностью механизированного труда. Зачастую рабочие подвергаются действию факторов, не связанных с их профессиональной специализацией, возникающих от выполняемых технологических операций в том же отсеке. Нередка картина, когда в непосредственной близости друг от друга трудятся рабочие не только разных специальностей, но и различных участков. Такое разнообразие технологических процессов, используемого оборудования, материалов, а, следовательно, и значительное число вредных и опасных производственных факторов, сосредоточенных в одном месте, чрезвычайно усложняют гигиеническую характеристику условий труда и, соответственно, оценку их влияния на состояние здоровья работников этой отрасли промышленности. Уровни, концентрации и время воздействия производственных факторов на рабочих основных и вспомогательных профессий представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Уровни, концентрации, время воздействия производственных факторов на рабочих основных и вспомогательных профессий

Профессия	Шум, дБ	Вибрация, дБ	Пыль, мг/м3	Окислы марганца, мг/м3	Окислы хрома, мг/м3
Основные профессии					
Судокорпусники-ремонтники					
- уровни, концентрации	85-110, высокочастотный (эквивалентный уровень 105 дБА)	превышение ПДУ на 5 дБ, преимущественно локальная, высокочастотная	6 – 136	0,1 – 2,7	0,02 – 1,3
- время воздействия	постоянно	периодически	постоянно	постоянно	постоянно
Электросварщики					
- уровни, концентрации	85-105, высокочастотный (эквивалентный уровень 95 дБА)	превышение ПДУ на 5 дБ, преимущественно локальная, высокочастотная	1 – 185	0,01 – 30,5	0,02 – 10,6
- время воздействия	постоянно	эпизодически	постоянно	постоянно	постоянно
Газорезчики					
- уровни, концентрации	85-105, высокочастотный (эквивалентный уровень 95 дБА)	превышение ПДУ на 5 дБ, преимущественно локальная, высокочастотная	0,25 – 200,4	0,01 – 1,5	0,01 – 0,72
- время воздействия	постоянно	эпизодически	постоянно	постоянно	постоянно
Слесари –монтажники					
- уровни, концентрации	85-93, высокочастотный	превышение ПДУ на 5 дБ, преимущественно локальная, высокочастотная	8 – 24	0,5 – 0,9	0,2 – 0,4
- время воздействия	постоянно	эпизодически	постоянно	постоянно	постоянно
Вспомогательные профессии					
- уровни, концентрации	85-90, широкополосный	–	6 – 136		
- время воздействия	постоянно	–	постоянно		

Анализ таблицы, показывает, что лица вспомогательных профессий, в отличие от работников основных профессий, не подвергались систематическому воздействию локальной вибрации и сварочных аэрозолей.

Условия труда в цехах основного производства в соответствии с «Методикой проведения специальной оценки условий труда» могут быть отнесены классу 3.2-3.3. Из

рабочих основных профессий сформирована «основная» группа. В нее вошли судокорпусники - ремонтники, газорезчики и электросварщики, слесари-монтажники. Они подвергаются воздействию сварочных аэрозолей, свинца и его соединений, ароматических, предельных и непредельных углеводородов, а также шума, локальной вибрации, общего охлаждения, ионизирующего излучения; осуществляют работы, связанные с локальным напряжением, подъемом и перемещением грузов.

Во вторую (вспомогательную) группу отобраны работники различных подразделений завода, профессиональная деятельность которых не была напрямую связана с утилизацией атомных подводных лодок – они выполняли вспомогательные операции. Условия труда этой группы по степени вредности и опасности отнесены к классу 3.1-3.2. В эту группу вошли слесари-ремонтники, слесари-инструментальщики, электрики, электромонтеры, машинисты. Среди производственных факторов этой группы, можно отметить воздействие на организм серы и ее соединений, цемента, глины, шамота, минеральной ваты, работа со щелочноземельными металлами, силикатсодержащей пылью, алифатическими кетонами, литьем и его соединениями, спиртом и его производными, органической пылью.

На втором этапе исследовали влияние производственных факторов, характерных для рассматриваемого предприятия, на показатели заболеваемости с временной утратой трудоспособности (ВУТ). Анализ частоты заболеваемости по случаям с ВУТ в группах сравнения показал, что основная профессиональная группа являлась лидирующей по заболеваниям органов дыхания, опорно-двигательного аппарата и пищеварительной системы, превышая аналогичные показатели «вспомогательной» группы в 2-3 раза (таблица 2). Однако, частота заболеваний органов кровообращения была почти в два раза выше во «вспомогательной» группе, чем в «основной» (таблица 2).

Таблица 2. – Число случаев заболеваний с ВУТ в различных профессиональных группах за 2010-2012 годы (на 100 человек соответствующей группы)

Физиологическая система (в соответствии с МКБ X)	Группы сравнения	
	«Вспомогательная» (n=115)	«Основная» (n=267)
Дыхательная	14,5±3,3	27,3±2,7
Костно-мышечная	9,9±2,8	27±2,7
Кровообращения	10,7±2,9	4,8±1,3
Пищеварительная	2,3±1,4	4,5±1,3

Анализ структуры заболеваемости с ВУТ (по дням нетрудоспособности) выявил различную структуру в профессиональных группах. Так, среди работников «основной» группы наибольший вклад в длительность заболеваний с ВУТ вносили заболевания костно-мышечной системы – 38,3 %, во «вспомогательной» – заболевания органов кровообращения – 22,5 % (таблица 3).

Таблица 3 – Структура заболеваний с ВУТ (по дням нетрудоспособности) в различных профессиональных группах

Физиологическая система (в соответствии с МКБ X)	Группы сравнения	
	«Вспомогательная» (n=115)	«Основная» (n=267)
Костно-мышечная	18,3±3,6	38,3±3
Дыхательная	17,5±3,6	19,2±2,4
Кровообращения	22,5±3,9	5,3±1,4
Пищеварительная	5,4±2,1	6,6±1,5

Анализ уровня заболеваемости с ВУТ (по количеству дней на 100 человек) в группах сравнения показал, что «основная» профессиональная группа являлась лидирующей по заболеваниям костно-мышечной системы, превосходя этот показатель «вспомогательной» группы более чем в 3 раза (таблица 4). Количество дней нетрудоспособности (на 100 человек) в связи с болезнями дыхательной и пищеварительной систем также почти в два раза было больше в «основной» группе. Количество дней нетрудоспособности, связанных с патологией сердца и сосудов, было в «основной» группе почти в три раза меньше, чем во «вспомогательной» (таблица 4).

Таблица 4 – Количество дней заболеваний с ВУТ в различных профессиональных группах (на 100 человек соответствующей группы)

Физиологическая система (в соответствии с МКБ X)	Группы сравнения	
	«Вспомогательная» (n=115)	«Основная» (n=267)
Костно-мышечная	150,4±7,7	464,5±4,4
Дыхательная	143,5±7,7	233,5±4,0
Кровообращения	184,9±8,0	63,7±3,4
Пищеварительная	44,3±6,0	80,3±3,5

Таким образом, уровень заболеваемости с ВУТ среди работников «основной» группы по болезням дыхательной, костно-мышечной и пищеварительной систем был существенно выше, чем среди работников вспомогательных профессий. Однако в отношении заболеваний с ВУТ сердца и сосудов картина была противоположной: более высокие показатели заболеваемости с ВУТ фиксировались во «вспомогательной» группе.

Для определения связи указанной патологии с профессиональной деятельностью рассчитывали риски возникновения заболеваний. Для «основной» и «вспомогательной» профессиональных групп была выявлена высокая причинно-следственная связь между действующими производственными факторами и уровнем заболеваемости с ВУТ по костно-мышечной системе (EF=83,8% для основной и 55,7% для вспомогательной группы).

Оценка этиологической доли влияния производственных факторов на заболеваемость органов кровообращения показала, что максимальные значения наблюдались в группе, выполняющей вспомогательные операции (EF = 74,6 %). Анализ влияния производственных факторов на заболеваемость органов дыхания позволил выявить высокую причинно-следственную связь в обеих группах с максимальным влиянием в группе, непосредственно занятой ремонтом и утилизацией АПЛ (EF = 72,9 %). Кроме того, в этой же группе была установлена высокая причинно-следственная связь между действием производственных факторов и заболеваемостью органов пищеварения (EF = 56,0 %) (таблица 5).

Таблица 5. – Показатели риска развития производственно-обусловленных заболеваний в различных профессиональных группах

Физиологическая система (в соответствии с МКБ X)	Группы сравнения			
	«Вспомогательная» (n=115)		«Основная» (n=267)	
	OR	EF	OR	EF
Костно-мышечная	2,8 (1,9-4,1)	55,7	28,5 (20,3-39,9)	83,8
Кровообращения	5,3 (3,6-7,9)	74,6	1,9 (1,3-2,7)	42,9
Дыхательная	2,7 (1,9-3,9)	48,9	16 (11,4-22,5)	72,9
Пищеварительная	1,2 (0,5-2,4)	15,4	2,4 (1,6-3,6)	56,0

На третьем этапе проводилась оценка вибрационной чувствительности на частотах 8, 16, 32, 63, 125, 250 и 500 Гц, ее связь с заболеванием костно-мышечной системы. Число персонала в основной и группе сравнения с выявленными отклонениями от нормы

уровнями вибрационной чувствительности на частотах 8, 16, 32, 63, 125, 250 и 500 Гц находилось в границах статистической погрешности ($p > 0,05$) (таблица 6).

Таблица 6 – Количество персонала с отклонениями от нормы уровней вибрационной чувствительности на всех исследуемых частотах

Число случаев отклонений вибросчувствительности от нормы	Количество персонала с отклонениями от нормы уровней вибрационной чувствительности в группах		
	«Основная»	«Вспомогательная»	Всего
Нет отклонений	16	15	31
До 3	14	11	25
3 и более	8	8	16

Сравнение средних значений уровней вибрационной чувствительности в двух группах (таблица 7) выявило статистически значимые отличия между ними по всем частотам. Максимальное расхождение было обнаружено на частотах 250 и 500 Гц у работников, контактирующих с локальной вибрацией (основная группа),

Таблица 7 – Средние значения уровней вибрационной чувствительности у персонала основной и контрольной групп при различных частотах вибрации

Частота вибрации, Гц	Средние значения уровней вибрационной чувствительности у групп персонала, дБ		Уровень значимости U критерия
	«Основная»	«Вспомогательная»	
8	-3,2 (-5,7 – -0,7)*	1,3 (-1,2-3,8)	0,019197
16	-4,3 (-6,4 – -2,1)*	-0,4 (-2,9-2,1)	0,015889
32	-0,7 (-3,4-1,9)*	5,2 (2,5-7,9)	0,002922
63	-1,2 (-4,1-1,6)*	4,3 (1,1-7,5)	0,015389
125	-0,5 (-3,5-2,5)*	6,3 (3,3-9,4)	0,001968
250	-5,6 (-9,5-1,7)*	3,2 (-0,8-7,1)	0,003037
500	-1,5 (-5,6-2,7)*	7,3 (3,6-11)	0,002133
Примечание: * достоверные различия ($p < 0,05$)			

Проведенный дискриминантный анализ позволил выявить наиболее значимые характеристики (контакт с локальной вибрацией, уровни вибрационной чувствительности на частотах 32 и 250 Гц), по которым можно прогнозировать возникновение заболеваний костно-мышечной системы у работников предприятия судоремонта. Факторы, отобранные в результате проведенного дискриминантного анализа, имели толерантность близкую к единице, что свидетельствовало об их высокой информационной ценности при

прогнозировании заболеваний костно-мышечной системы. Полученная модель статистически значима на уровне $p < 0,01$. Точность прогноза составила 94,1 %.

Выводы

1) Условия труда у рабочих основной профессиональной группы предприятия судоремонта характеризуются как вредные (3.3), что может приводить к развитию профессиональной патологии и росту числа случаев производственно обусловленных заболеваний.

2) Анализ частоты заболеваемости по случаям с ВУТ в группах сравнения показал, что «основная» профессиональная группа являлась лидирующей по заболеваниям органов дыхания, костно-мышечной, пищеварительной систем.

3) Наибольшая причинно-следственная связь влияния производственных факторов на заболеваемость костно-мышечной системы была выявлена в группе основных профессий.

4) Для прогноза заболеваемости костно-мышечной системы у работников атомного судоремонта установлена значимость контакта с локальной вибрации и уровни вибрационной чувствительности на частотах 32 и 250 Гц.

Литература

1. ГОСТ 12.1.014-84 «ССБТ. Воздух рабочей зоны. Метод измерения концентраций вредных веществ индикаторными трубками».

2. МУ 4945-88 «Методические указания по определению вредных веществ в сварочном аэрозоле».

3. МУК-1611-77 «Методические указания на фотометрическое определение алюминия, окиси алюминия и алюминиевого катализатора в воздухе».

4. ГН 2.2.5.1313-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны».

5. ГОСТ 12.1.005-88 «ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны».

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

7. МУ 1844-78 «Методические указания по проведению измерений и гигиенической оценке шумов на рабочих местах».
8. СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки».
9. МУ 2908-82 «Методические рекомендации по дозной оценке производственных шумов».
10. МУ 4435-87 «Методические указания по гигиенической оценке производственной и непроизводственной шумовой нагрузки».
11. ГОСТ 12.1.043-84 «Вибрация. Методы измерения на рабочих местах и в производственных помещениях».
12. СН 2.2.4/2.1.8.566-96 «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий».
13. СанПиН 2.2.5.540-96 «Гигиенические требования к ручным инструментам и организации работ».
14. МУ 3911-85 «Методические указания по проведению измерений и гигиенической оценки производственных вибраций».
15. ГОСТ ИСО 5349-1:2001 «Вибрация механическая. Измерение и оценка воздействия на человека вибрации, передаваемой через руки. Часть 1. Общие требования».
15. ГОСТ ИСО 5349-2:2001 «Вибрация механическая. Измерение и оценка воздействия на человека вибрации, передаваемой через руки. Часть 2. Практическое руководство по измерению вибрации на рабочем месте».
16. ГОСТ 12.1.012-90 (1996) ССБТ. «Вибрационная безопасность. Общие требования».
17. Профессиональный риск для здоровья работников / Под ред. Н.Ф. Измерова, Э.И. Денисова. – М.: Тровант, 2003. – 448 с.