

Читать
онлайнRead
onlineКопытенкова О.И.^{1,2}, Дубровская Е.Н.¹, Леванчук Л.А.²

Влияние условий труда на психофизиологическое состояние судоводителей

¹ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, 191036, Санкт-Петербург, Россия;²ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I», 190031, Санкт-Петербург, Россия

РЕЗЮМЕ

Введение. Работа судоводителя характеризуется комплексом неблагоприятных факторов, в числе которых шум, вибрация, ограниченное пространство, социальная изоляция и высокие психоэмоциональные нагрузки. Длительное воздействие этих факторов может приводить к развитию утомления, снижению концентрации внимания, нарушению координации и, как следствие, к повышению риска аварийных ситуаций.

Материалы и методы. Исследования проведены на пяти автоматизированных пассажирских судах. Психофизиологические показатели исследованы у 64 человек до начала, в середине и в конце навигационного периода. В группу исследования включены 25 судоводителей, 25 механиков, 14 рулевых. Показатели деятельности центральной нервной системы, психологические характеристики и динамика умственной работоспособности определены с помощью ПК «Психотест». Показатели изменения физической работоспособности и деятельности сердечно-сосудистой системы изучены с помощью ПК «Психофизиолог». Статистическая обработка проведена при помощи программного обеспечения Statistica ver. 10. Обработка результатов и их оценка проведена по стандартному алгоритму с использованием количественных и качественных критериев. Оценка дополнена 95%-м доверительным интервалом, который вычислялся методом Уилсона. При нормальном распределении результатов измерения рассчитаны средние величины (M) и среднее квадратичное отклонение (σ). Уровень статистической значимости принят как $p \leq 0,05$.

Результаты. Исследование влияния условий труда на психофизиологическое состояние судоводителей в течение навигационного периода показало, что длительное круглосуточное воздействие виброакустических факторов судовой среды может оказывать негативное влияние на здоровье плавсостава, хотя по результатам специальной оценки условия труда судоводителей оцениваются как допустимые.

Ограничения исследования. Ограниченный доступ к обследуемым лицам во время навигации.

Заключение. Негативное влияние факторов судовой среды проявляется в ухудшении умственной и физической работоспособности судоводителей и способствует снижению функциональных возможностей сердечно-сосудистой системы.

Ключевые слова: психофизиологическое состояние; судоводитель; навигация; условия труда

Соблюдение этических стандартов. Исследование проведено с соблюдением стандартов биоэтического комитета Научно-исследовательского института комплексных проблем гигиены и профессиональных заболеваний, установленных в соответствии с Хельсинкской декларацией Всемирной медицинской ассоциации «Этические принципы проведения научных медицинских исследований с участием человека» с поправками 2013 г. Все участники дали информированное добровольное письменное согласие на участие в исследовании (протокол заседания ЛЭК № 33.1 от 26.04.2021 г.).

Для цитирования: Копытенкова О.И., Дубровская Е.Н., Леванчук Л.А. Влияние условий труда на психофизиологическое состояние судоводителей. Гигиена и санитария. 2025; 104(8): 1003–1009. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2025-104-8-1003-1009> <https://elibrary.ru/vhyczd>

Для корреспонденции: Дубровская Екатерина Николаевна, e-mail: nikanorushka@mail.ru

Участие авторов: Копытенкова О.И. — сбор данных литературы, анализ данных, написание текста; Дубровская Е.Н. — концепция и дизайн исследования, сбор данных литературы, сбор материала и обработка данных, написание текста, редактирование; Леванчук Л.А. — сбор данных литературы, сбор материала и обработка данных, редактирование. Все соавторы — утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех её частей.

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

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Поступила: 25.04.2025 / Поступила после доработки: 12.05.2026 / Принята к печати: 26.06.2025 / Опубликовано: 25.09.2025

Olga I. Kopytenkova^{1,2}, Ekaterina N. Dubrovskaya¹, Leonid A. Levanchuk²

Impact of working conditions on the psychophysiological state in boatmasters

¹NorthWest Public Health Research Center, Saint Petersburg, 191036, Russian Federation;²St. Petersburg state transport University of Emperor Alexander I, Saint Petersburg, 190031, Russian Federation

ABSTRACT

Introduction. The work of a boatmaster is characterized by a complex of unfavorable factors, including noise, vibration, limited space, social isolation and high psycho-emotional stress. Prolonged exposure to these factors can lead to fatigue, decreased concentration, impaired coordination, and, as a result, an increased risk of accidents.

Materials and methods. The research was carried out on five automated passenger ships. Psychophysiological parameters were studied before the beginning, in the middle and at the end of the navigation period in sixty four people. The study group included 25 boatmasters, 25 mechanics, and 14 helmsmen. The indicators of the activity of the central nervous system, psychological characteristics and trend in mental performance were determined using the PC “Psychotest”. Indicators of the activity of the cardiovascular system and indicators of changes in physical performance were studied using the PC “Psychophysilogist”. Statistical processing was carried out using the Statistica ver. 10 software. The results were processed and evaluated with a standard algorithm using quantitative and qualitative criteria. The estimate is supplemented by a 95% confidence interval, which was calculated by the Wilson method. With a normal distribution of measurement results, the average values (M) and the average square deviation (σ) are calculated. The statistical significance level is assumed to be $p < 0.05$.

Results. The results of the assessment of the impact of working conditions on the psychophysiological state of boatmasters during the navigation period allowed establishing that despite the results of a special assessment of the working conditions in boatmasters as “acceptable”, prolonged round-the-clock exposure to vibro-acoustic factors of the ship’s environment can and does have an adverse impact on the state of the body in the crew.

Limitations. Limited access to subjects during navigation.

Conclusion. The adverse impact of prolonged round-the-clock exposure to environmental factors is manifested by a decrease in the mental and physical performance of shipwrights and contributes to a decrease in the functionality of the cardiovascular system.

Keywords: psychophysiological state; boatmaster; navigation; working conditions

Compliance with ethical standards. The study was conducted in compliance with the standards of the Bioethics Committee of the Research Institute of Complex Problems of Hygiene and Occupational Diseases, established in accordance with the World Medical Association's Declaration of Helsinki "Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects" as amended in 2013. All participants provided informed, voluntary, and written consent to participate in the study (Minutes of the Local Ethics Committee No. 33.1 dated April 26, 2021).

For citation: Kopytenkova O.I., Dubrovskaya E.N., Levanchuk L.A. Impact of working conditions on the psychophysiological state in boatmasters. *Gigiena i Sanitariya / Hygiene and Sanitation, Russian journal.* 2025; 104(8): 1003–1009. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2025-104-8-1003-1009> <https://elibrary.ru/vhyezd> (In Russ.)

For correspondence: Ekaterina N. Dubrovskaya, e-mail: nikanorushka@mail.ru

Contribution: Kopytenkova O.I. — collection of literature data, collection and processing of material, writing a text; Dubrovskaya E.N. — the concept and design of the study, collection of literature data, collection and processing of material, editing; Levanchuk L.A. — collection of literature data, collection and processing of material, editing. All authors are responsible for the integrity of all parts of the manuscript and approval of the manuscript final version.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Funding. The study had no sponsorship.

Received: April 25, 2025 / Revised: May 12, 2025 / Accepted: June 26, 2025 / Published: September 25, 2025

Введение

В последние годы в России увеличилось количество речных круизов. Число пассажиров выросло с 2019 г. вдвое и достигло в 2024 г. полумиллиона, что на 20% больше, чем в 2023 г., а к 2035 г. прогнозируется увеличение до двух миллионов. При этом речной флот устарел: 86% из 1289 пассажирских судов на внутренних водных путях старше 20 лет, средний возраст превышает 40 лет. Для удовлетворения спроса к 2035 г. требуется более 500 новых судов. Параллельно с развитием технологий автоматизации в судоходстве усиливается психоэмоциональная нагрузка на экипажи, в настоящее время это 79,1 тыс. человек. Шум, плохая освещённость, вибрация и замкнутое пространство усугубляют эту проблему, влияя на здоровье и работоспособность судоводителей.

Аварийность на море и на внутренних водных путях возрастает. В 2024 г. морских аварий стало больше на 20%, и анализ причин указывает на основную роль человеческого фактора, в частности утомления моряков. На внутренних водных путях зарегистрировано 115 происшествий. Безопасность судоходства напрямую зависит от психофизиологического состояния судоводителей, особенно в условиях непрерывной навигации. Современные тенденции развития водного транспорта, автоматизация и интенсификация рейсов предъявляют повышенные требования к адаптационным возможностям и стрессоустойчивости судоводителей [1–6], поэтому оценка влияния условий труда на их психофизиологическое состояние становится критически важной для разработки эффективных мер по сохранению здоровья и предотвращению аварийных ситуаций [7–11]. Настоящая статья представляет результаты исследования динамики психофизиологических показателей судоводителей в течение навигационного периода и определения факторов, оказывающих наиболее существенное влияние на их состояние.

Цель исследования — оценка влияния условий труда профессиональной группы судоводителей круизных автоматизированных судов на показатели психофизиологического состояния в течение навигационного периода для профилактики снижения умственной и физической работоспособности.

Материалы и методы

Исследования проведены на пяти круизных автоматизированных пассажирских судах проекта 301, построенных в 80-х годах XX века. При отборе профессиональной группы членов экипажа, связанных с управлением судами, для психофизиологических исследований была сформирована группа из 64 человек: 25 судоводителей, 25 механиков, 14 рулевых. Участие в исследовании было добровольным, собранные данные псевдонимизированы. Используются хронометражные методы исследований с регистрацией об-

щего количества и продолжительности рабочих операций за смену. Для расчёта круглосуточного воздействия виброакустических факторов использован метод определения дозы нагрузки на организм («доза — эффект»). Расчёт выполнен с помощью Калькулятора-9612 «НТМ-Защита».

Психофизиологические показатели исследовали трёхкратно (до начала, в середине и в конце навигационного периода). Показатели деятельности центральной нервной системы (ЦНС), психологические характеристики и динамику умственной работоспособности определяли с помощью компьютерного комплекса для проведения психофизиологических и психологических тестов «НС-Психотест» (Нейрософт, Россия). Показатели деятельности сердечно-сосудистой системы (ССС) и показатели изменения физической работоспособности изучены с помощью устройства психофизиологического тестирования УПФТ-1/30 «Психофизиолог» (Медиком МТД, Россия).

Методы исследований позволили оценить наличие и выраженность ранних признаков утомления и тревожности, являющихся предвестниками неблагоприятных дезадаптивных астено-невротических изменений в организме работника (Т.А. Немчин, опросник «Определение нервно-психического напряжения», реакция выбора). В качестве физиологических показателей для оценки влияния производственной нагрузки в течение навигационного периода использованы данные исследований состояния ЦНС (красно-чёрные таблицы Шульце — Платонова, измерения подвижности нервных процессов, критическая частота мельканий). Применяли методы физиологических исследований для оценки состояния сердечно-сосудистой системы (частота сердечных сокращений, артериальное давление, минутный объём крови и расчётные показатели гемодинамики, Гарвардский степ-тест).

Статистическую обработку проводили с помощью программного обеспечения Statistica ver. 10. Обработку результатов и их оценку выполняли по стандартному алгоритму с использованием количественных и качественных критериев, проверку гипотезы нормальности распределения количественных признаков — по критерию Колмогорова — Смирнова. Оценка дополнена 95%-м доверительным интервалом, который вычисляли методом Уилсона. При нормальном распределении результатов измерения рассчитывали средние величины (M) и среднее квадратичное отклонение (σ). Уровень статистической значимости принят при $p \leq 0,05$.

Результаты

В исследовании участвовали 64 человека (мужчины), средний возраст $35,3 \pm 12,7$ года, стаж работы по профессии — 13 [4; 20,5] лет. Работа организована вахтовым методом: смены по четыре часа. Продолжительность навигационного

Таблица 1 / Table 1

Результаты измерения уровней шума**Results of the measurement of the noise level**

Место проведения измерений Location of measurements	Эквивалентный уровень звука (Лэкв), дБА Equivalent sound level, dBA	Продолжительность пребывания в сутки, мин (ДИ) Length of stay per day, min (DI)
Главный командный пост (движение) / Main Command Post (movement)	66.4	430 (425.03–434.97)
Общесудовые помещения (движение) / General court premises (traffic)	63.3	50 (44.91–55.09)
Общесудовые помещения во вневахтовый период (движение) General court premises outside the shift period (movement)	63.3	960 (952.55–967.45)
Главный командный пост (стоянка) / Main command post (parking lot)	60.4	430 (425.03–434.97)
Общесудовые помещения во вневахтовый период (стоянка) General court premises outside the shift period (parking)	60.3	960 (952.55–967.45)

Таблица 2 / Table 2

Накопленные дозы шума (дБА) в течение навигационного периода**Accumulated noise doses during the navigation period, dBA**

Эквивалентный уровень звука за восьмичасовую смену The equivalent sound level for an 8-hour shift	Период навигации, сут / Navigation period, days								
	1	20	30	45	50	60	90	120	180
65.3	67.7	80.7	83.5	84.2	84.7	85.5	87.2	88.5	91.5

Таблица 3 / Table 3

Накопленные дозы общей вибрации (дБ) в течение навигационного периода**Accumulated total vibration noise doses during the navigation period, dB**

Показатель Index	Период навигации, сут / Navigation period, days							
	1	20	30	45	60	90	120	180
Расчётные значения Calculated value	101.9	114.9	116.7	118.2	119.7	121.4	122.7	124.4

периода в среднем составляет шесть месяцев. В межнавигационный период судоводители участвуют в ремонте помещений, корпуса и механизмов судна.

Факторы судовой среды воздействуют на организм судоводителей круглосуточно на протяжении 6 мес (180 сут). Для объективной оценки влияния виброакустических факторов на экипаж использовали методический подход, который учитывает «дозу» воздействующего фактора на протяжении его непрерывной экспозиции. Результаты измерений уровней шума представлены в табл. 1.

Результаты расчёта дозы шума в течение навигационного периода с учётом круглосуточного воздействия (две вахты в сутки по четыре часа и 16 ч пребывания в общесудовых помещениях) и динамика изменения дозы шума представлены в табл. 2.

Аналогичные измерения и расчёты выполнены для показателей общей вибрации (табл. 3).

Психофизиологические исследования позволили определить изменение показателей в навигационный период. Результаты исследования по методике оценки САН представлены в табл. 4.

Средняя оценка до навигации составляла $4,65 \pm 0,29$ балла. Оценка выше четырёх баллов указывала на хорошее состояние организма. В середине периода навигации средняя оценка состояния судоводителей улучшилась. Доля лиц, имеющих оценку 5 и более, увеличилась до 17% (второй месяц навигации). На четвёртом месяце периода навигации доля лиц, у которых преобладали хорошее самочувствие и настроение, стабилизировалась (10,9%). Доля лиц, у которых определены показатели от 1 до 3 баллов (преобладание плохого настроения и самочувствия), за период навигации увеличилась в 2,6 раза, в основном за счёт снижения доли судоводителей с благоприятным состоянием организма.

Для оценки функционального состояния центральной нервной системы использованы рекомендуемые методы измерения критической частоты мелькания (КЧСМ), показатели реакции выбора, степени выраженности торможения и возбуждения. Результаты приведены в табл. 5.

КЧСМ выполняют для оценки функционального состояния ЦНС и зрительного анализатора. Норма КЧСМ для здорового человека – 40–46 Гц. Снижение КЧСМ происходит при утомлении. Многочисленные исследования указывают на то, что значения КЧСМ в основном определяются подвижностью нервных процессов в корковом отделе зритель-

Таблица 4 / Table 4

Изменение показателей оценки САН у судоводителей в течение навигационного периода (%)**Change in health assessment indices in boatmasters during the navigation period (%)**

Период навигации Navigation period	Доля лиц с оценкой, % Percentage of people with an assessment, %		
	1–3 балла / points	3.5–4.5 балла / points	5–7 баллов / points
До навигации Before navigation	12.5	71.9	15.6
1 мес / month	9.4	75.0	15.6
2 мес / month	7.8	75.0	17.2
3 мес / month	7.8	78.1	14.1
4 мес / month	18.8	70.3	10.9
5 мес / month	28.2	60.9	10.9
6 мес / month	32.8	56.3	10.9

Таблица 5 / Table 5

Результаты исследования функционального состояния центральной нервной системы, $M \pm \sigma$ Results of the study of the functional state of the central nervous system, $M \pm \sigma$

Показатель Index	До навигации Before navigation	Середина навигации Middle of navigation	Конец навигации End of navigation	Значимость критерия Фишера The significance of the Fisher criterion
Тест КЧСМ (средняя частота, Гц) Critical flicker fusion frequency test (average frequency, Hz)	43.2 \pm 6.7	43.1 \pm 6.4	40.9 \pm 6.1	< 0.001
Реакция выбора (среднее значение времени реакции, миллисекунды) Selection reaction (average reaction time, milliseconds)	460.7 \pm 76.0	431.0 \pm 57.8	467.7 \pm 66.0	< 0.001
Коэффициент точности Уиппла The Whipple accuracy factor	0.90 \pm 0.076	0.91 \pm 0.066	0.86 \pm 0.069	< 0.001
Показатель работоспособности Performance indicator	12.3 \pm 2.7	10.4 \pm 3.6	10.4 \pm 2.8	< 0.001

Таблица 6 / Table 6

Результаты измерения гемодинамических показателей у судоводителей в динамике навигационного периода

Results of measuring of hemodynamic parameters in boatmasters in the course of the navigation period

Период навигации Navigation period	Среднее динамическое давление, мм рт.ст Average dynamic pressure, mmHg	Ударный объём крови, мл Stroke volume, mL	Минутный объём крови, л/мин Cardiac output, L/min	Общее периферическое сопротивление сосудов, дин · с/см ³ Total vascular resistance, din · s/cm ³
До навигации Before navigation	87.3 \pm 3.1	63.41 \pm 2.3	4.67 \pm 0.1	1521.3 \pm 54.1
1 мес / month	89,3 \pm 4,0	61,96 \pm 2,6	4,78 \pm 0,2	1523,3 \pm 62,5
2 мес / month	89.4 \pm 3.0	61.53 \pm 2.5	4.63 \pm 0.2	1589.2 \pm 57.6
3 мес / month	93.1 \pm 4.1	57.72 \pm 2.3	4.61 \pm 0.2	1591.4 \pm 74.6
4 мес / month	96.4 \pm 4.1	58.71 \pm 2.4	4.51 \pm 0.1	1710.3 \pm 74.1
5 мес / month	96.6 \pm 4.0	59.45 \pm 2.5	4.62 \pm 0.1	1702.1 \pm 71.6
6 мес / month	96.7 \pm 3.3	59.01 \pm 2.5	4.59 \pm 0.1	1703.9 \pm 70.2

ного анализатора, отражая индивидуальные особенности нервных процессов мозга и текущее функциональное состояние ЦНС. По результатам обследования вычисляется средняя индивидуальная КЧСМ.

Для оценки функционального состояния сердечно-сосудистой системы судоводителей определяли показатели артериального давления (АД систолическое, АД диастолическое), частоту сердечных сокращений в покое, расчётные показатели среднего динамического давления (СДД), ударный объём крови (УОК), минутный объём крови (МОК), общее периферическое сопротивление сосудов (ОПСС) (табл. 6).

Результаты измерения и оценки показателей гемодинамики у судоводителей в период навигации свидетельствуют о том, что показатель среднего динамического давления в конце навигационного периода достоверно ($p < 0,05$) отличается от значения в начале этого периода. Увеличение происходит в среднем на 10–11%. Анализ УОК и МОК показал тенденцию к снижению этих показателей за изучаемый период. Одновременно выявлено достоверное ($p < 0,05$) увеличение средних показателей общего периферического сопротивления сосудов (ОПСС).

Для определения показателей физической работоспособности и реакции ССС на физическую нагрузку использована модификация Гарвардского степ-теста. Скорость выполнения теста — 30 восхождений на ступеньку за одну минуту.

После восхождений регистрировали частоту сердечных сокращений и показатели артериального давления в первые 30 с второй, третьей и четвёртой минут восстановительного периода и далее до полного восстановления исходных показателей. Расчёт индекса Гарвардского степ-теста (ИГСТ) проведён по общепринятой методике. Результаты исследования до навигационного периода и в конце навигации представлены в табл. 7.

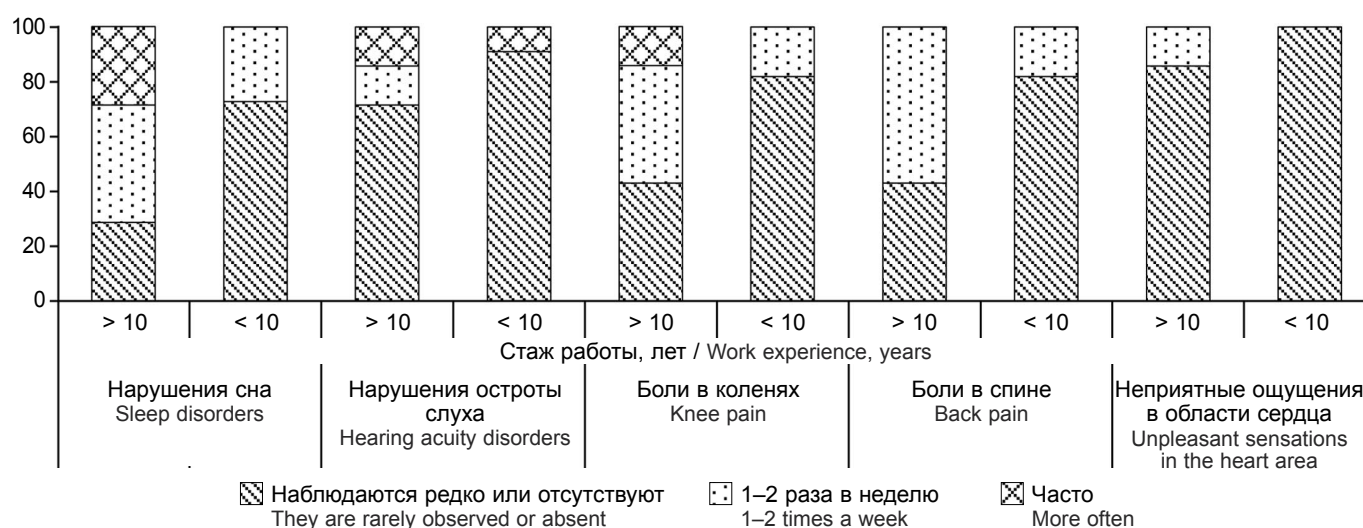
Согласно полученным результатам, время восстановления после физической нагрузки у 50% обследуемых судоводителей до начала навигации составляет 5 мин, у 31,2% — 4, у 18,8% — 6. В конце навигации у 37,5% судоводителей время восстановления составило 5 и 6 мин, у 12,5% — 4 и 7. Таким образом, если в начале навигации 81,2% судоводителей восстанавливались за время, не превышающее 5 мин, то к концу навигации доля значимо снизилась — 50% ($p < 0,05$). За время навигации у судоводителей изменилась структура типа реакции на физическую нагрузку: двукратное снижение нормотонических реакций с 62,5 до 31,2% ($p < 0,05$) за счёт роста гипертонических — с 31,2 до 56,3% ($p < 0,05$). Можно предположить, что такая реакция организма указывает на замедление процессов восстановления к концу навигации.

Результаты опроса судоводителей о наличии неприятных ощущений, указывающих на нарушения здоровья, приведены на рисунке.

Таблица 7 / Table 7

Результаты исследования реакции сердечно-сосудистой системы судоводителей на физическую нагрузку до и после навигационного периода**Results of the study of the response of the cardiovascular system in boatmasters to physical load before and after the navigation period**

Показатель Index		До навигации / Before navigation			В конце навигации / At the end of navigation		
		абс. / abs.	%	95% CI	абс. / abs.	%	95% CI
Время восстановительного периода, мин Recovery period time, minutes	4	20	31.2	30.1–32.3	8	12.5	11.8–13.2
	5	32	50.0	48.4–51.6	24	37.5	36.3–38.7
	6	12	18.8	17.7–19.9	24	37.5	36.3–38.7
	7	0	0	0	8	12.5	11.8–13.2
Тип реакции на физическую нагрузку Type of reaction to the physical load	Нормотоническая / Normotonic	40	62.5	60.5–64.5	20	31.2	30.1–32.3
	Гипертоническая / Hypertensive	20	31.2	30.1–32.3	36	56.3	54.6–58.0
	Гипотоническая / Hypotonic	4	6.3	5.8–6.8	8	12.5	11.8–13.2
Физическая работоспособность по индексу Гарвардского степ-теста Physical performance according to the Harvard Step Test index	Отличная / Excellent	24	37.5	36.3–38.3	8	12.5	11.8–13.2
	Хорошая / Good	32	50.0	48.4–51.6	20	31.2	30.1–32.3
	Средняя / Average	8	12.5	11.8–13.2	28	43.8	42.3–45.3
	Плохая / The bad one	0	0	0	8	12.5	11.8–13.2



Результаты опроса о наличии неприятных ощущений.
Results of a survey about the presence of unpleasant sensations conducted among boatmasters.

Обсуждение

Анализ результатов гигиенической оценки условий труда судоводителей на круизных автоматизированных теплоходах проекта 301 позволил установить, что их особенностью является круглосуточное воздействие виброакустических факторов на протяжении всего периода навигации (180 сут). Низкочастотная вибрация, характерная для судов такого типа (частоты 1–5 Гц), при длительном действии формирует кумулятивный эффект раздражения (А.М. Волков, 1961). Вибрации возбуждают рецепторы кожи, мышц, слухового анализатора, внутренних органов. Длительное воздействие акустической нагрузки и вибраций приводит к головной боли, нарушению сна, раздражительности и повышению утомляемости. В результате формируются функциональные изменения нервной и сердечно-сосудистой систем [12–21].

Нашими исследованиями установлено, что судоводители со стажем работы по профессии более 10 лет отмечали у себя нарушения в области сердца (14%) в 2,2 чаще по сравнению

с судоводителями со стажем менее 10 лет, а боли в спине и боли в коленях – в 2,5 раза чаще. Снижение остроты слуха более двух раз в неделю регистрируют 10% судоводителей со стажем до 10 лет и 13% лиц со стажем более 10 лет.

Анализ уровня вибрации показал, что эквивалентный уровень при восьмичасовом воздействии не превышал действующего норматива ($Z_{0.109}$ дБ). При сравнении рассчитанных доз шума за период навигации с гигиеническим нормативом выявлено превышение на 6 дБ после 20 сут непрерывного воздействия и до 15 дБ в конце навигационного периода. Анализ шумового фактора показал сходные результаты. Эквивалентный уровень шума за восьми- и двадцатичетырёхчасовые периоды не превышал гигиенического норматива (80 дБА). При непрерывном воздействии в течение 20 сут гигиенический норматив был превышен на 0,7 дБА, при воздействии на протяжении 180 сут – на 11,5 дБА.

Полученные данные указывают на наличие виброакустических факторов рабочей среды, значительно превышающих гигиенические нормативы при длительном непрерывном

воздействию, и вероятности формирования кумулятивного эффекта раздражения, приводящего к изменению психофизиологического состояния судоводителей.

Результаты, полученные с помощью методики САН, показали достоверное ухудшение ($p < 0,05$) психофизиологического состояния обследуемых к концу навигационного периода. Средний балл снизился с $4,65 \pm 0,29$ в начале до $3,64 \pm 0,34$ в конце, несмотря на незначительное повышение в первые три месяца навигации (от $5,01 \pm 0,16$ до $5,44 \pm 0,21$). Полученные данные свидетельствуют о негативном влиянии длительного навигационного периода на психофизиологическое состояние судоводителей. Первоначальная адаптация и кратковременное улучшение показателей в первые месяцы не компенсируют кумулятивного эффекта факторов стресса, утомления, приводящих к достоверному снижению показателей самочувствия, активности и настроения судоводителей к концу навигации.

Анализ результатов исследования функционального состояния центральной нервной системы с помощью теста КЧСМ и реакции выбора с учётом точности и определения показателя умственной работоспособности показал тенденцию снижения показателя КЧСМ до нижней границы нормы (40–46 Гц). Одновременно наблюдали увеличение времени зрительно-моторной реакции (реакции выбора), уменьшение коэффициента точности Уиппла и показателя умственной работоспособности.

Сравнительный анализ изменения показателей гемодинамики за период навигации позволил выявить достоверное ($p < 0,05$) увеличение среднего динамического давления, уменьшение ударного и минутного объёма крови, увеличение общего периферического сопротивления сосудов. Нарушение соотношения названных гемодинамических показателей может указывать на формирование артериальной гипертензии.

Определение физической работоспособности по результатам Гарвардского степ-теста показало, что к концу навигации увеличивается восстановительный период ЧСС и АД после дозированной физической нагрузки. В два раза увеличилась доля лиц с гипертоническим и гипотоническим типами реакции ССС на физическую нагрузку за счёт снижения доли лиц с нормотоническим типом реакции ССС. Доля судоводителей с отличной физической работоспособностью к концу навигации уменьшилась в три раза, с хорошей — на треть, а со средней работоспособностью выросла в 3,5 раза. У 12,5% обследованных определена плохая физическая работоспособность, а в начале навигационного периода такой показатель не регистрировался.

Ограничения исследования. Ограниченный доступ к обследуемым лицам во время навигации.

Заключение

Результаты проведённой оценки влияния условий труда на психофизиологическое состояние судоводителей в течение навигационного периода выявили, что длительное круглосуточное воздействие виброакустических факторов судовой среды оказывает негативное влияние на организм плавсостава, хотя по результатам специальной оценки условия труда классифицируются как допустимые. В частности, у судоводителей выявлены ухудшение умственной и физической работоспособности и снижение функциональных возможностей сердечно-сосудистой системы. Необходимо более детальное исследование потенциальной связи длительного непрерывного воздействия вибраций с формированием патологии опорно-двигательного аппарата у лиц данной профессиональной группы.

Литература

1. Никитина В.Н., Калинина Н.И., Ляшко Г.Г., Панкина Е.Н. Некоторые аспекты обеспечения безопасности судоходства в полярных водах. *Российская Арктика*. 2019; (6): 44–7. <https://doi.org/10.24411/2658-4255-2019-10066> <https://elibrary.ru/ltmkra>
2. Зуб И.В. Особенности профессионально-прикладной физической подготовки курсантов, обучающихся по направлению «Судовождение». *Современные наукоемкие технологии*. 2020; (7): 225–30. <https://doi.org/10.17513/snt.38164> <https://elibrary.ru/jphhcq>
3. Ильина Л.В., Абакумов А.А., Петраш В.В., Чупрова С.Н., Литавина М.П. Профотбор и психофизиологический мониторинг функционального состояния судовых специалистов морского и речного флота (анализ состояния проблемы и перспективы развития). *Современные проблемы науки и образования*. 2016; (6): 246. <https://elibrary.ru/xibief>
4. Мачевич Л.М. Проблема психофизиологического профессионального отбора судовых специалистов. *Медицина труда и промышленная экология*. 2006; 46(3): 29–33. <https://elibrary.ru/kfaqtq>
5. Гудков А.Б., Щербина Ф.А., Попова О.Н., Чашин В.П. Особенности функциональных резервов сердечно-сосудистой системы у курсантов морского вуза в условиях длительного плавания. *Морская медицина*. 2021; 7(3): 14–9. <https://elibrary.ru/vzjpw>
6. Мельникова И.П. Влияние производственных факторов на здоровье моряков. *Гигиена и санитария*. 2007; (1): 42–4. <https://elibrary.ru/hyiwpr>
7. Копытенкова О.И., Алиев О.Т. Психофизиологические методы, для определения профессиональной пригодности машинистов железнодорожного транспорта. *Интернет-журнал Науковедение*. 2014; (5): 120. <https://elibrary.ru/tkemvx>
8. Каретников В.В., Козик С.В., Соколова И.А. Исследование влияния усталости судоводителя на процесс обеспечения безопасности судоходства. *Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова*. 2017; 9(2): 272–9. <https://doi.org/10.21821/2309-5180-2017-9-2-272-279> <https://elibrary.ru/yflwjd>
9. Григорьев Н.Н., Сигаев Д.Б. Формы и эффективность международной морской организации (ИМО) при борьбе с усталостью моряков. *Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова*. 2017; 9(3): 506–15. <https://elibrary.ru/ytxybx>
10. Мосягин И.Г. Основные проблемы в состоянии здоровья офицеров и мичманов Военно-Морского Флота. *Экология человека*. 2007; (2): 56–8. <https://elibrary.ru/hyiiou>
11. Шергина И.П., Чугин М.А. Влияние физических нагрузок на психическое здоровье человека. *Международный студенческий научный вестник*. 2021; (2): 64. <https://elibrary.ru/qsakkf>
12. Кукуи Ф.Д. Вероятность появления сбоя в работе организационной судовой системы, вызванной эффектом усталости при несении вахты. *Norw. J. Dev. Int. Sci.* 2019; (3–1): 34–9. <https://elibrary.ru/zbhphj>
13. Сигаев Д.Б., Шатыло А.П. Пути реализации потенциала профессии судоводителя как фактор повышения безопасности мореплавания. *Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова*. 2019; 11(4): 652–61. <https://elibrary.ru/rilopt>
14. Lützhöft M., Dahlgren A., Kircher A., Thorslund B., Gillberg M. Fatigue at sea in Swedish shipping: a field study. *Am. J. Ind. Med.* 2010; 53(7): 733–40. <https://doi.org/10.1002/ajim.20814>
15. Allen P., Wadsworth E., Smith A. The prevention and management of seafarers' fatigue: a review. *Int. Marit. Health*. 2007; 58(1–4): 167–77.
16. Salysa J., Kušleikaite M. Factors influencing psychoemotional strain and fatigue, and relationship of these factors with health complaints at sea among Lithuanian seafarers. *Medicina (Kaunas)*. 2011; 47(12): 675–81.
17. Allen P., Wadsworth E., Smith A. Seafarers' fatigue: a review of the recent literature. *Int. Marit. Health*. 2008; 59(1–4): 81–92.
18. Simkova H., Purins A., Mihailova S., Mihailovs I.J. Optimization of work and rest hours for navigation officers on the ship. In: *5th International Interdisciplinary Scientific Conference on Society, Health, Welfare. Volume 30*. EDP Sciences; 2016. <https://doi.org/10.1051/shsconf/20163000004>
19. Лысенко А.В., Таютина Т.В., Лысенко Д.С., Арутюнов В.А. Оценка влияния физической нагрузки на выраженность тревожно-депрессивных состояний. *Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта*. 2014; (11): 218–24. <https://elibrary.ru/taquvs>
20. Сошкин П.А. Стрессоустойчивость и адаптивные возможности у военно-морских специалистов с признаками профессионального выгорания. *Морская медицина*. 2021; 7(3): 62–70. <https://elibrary.ru/gzuuge>
21. Осадчук О.Л. Формирование профессиональной надежности специалиста. *Фундаментальные исследования*. 2005; (1): 86–8. <https://elibrary.ru/iujhap>

References

1. Nikitina V., Kalina N., Lyashko G., Pankina E. Some aspects of the safety of navigation in polar waters. *Rossiiskaya Arktika*. 2019; (6): 44–7. <https://doi.org/10.24411/2658-4255-2019-10066> <https://elibrary.ru/ltmkra> (in Russian)
2. Zub I.V. Features of professional and applied physical training of cadets studying in the direction of «Navigation». *Sovremennye naukoemkie tekhnologii*. 2020; (7): 225–30. <https://doi.org/10.17513/snt.38164> <https://elibrary.ru/jphhcq> (in Russian)

Original article

3. Iliina L.V., Abakumov A.A., Petrash V.V., Chuprova S.N., Litaeva M.P. Professional selection and psychophysiological monitoring the functional status of ship specialists sea and river fleet (problem analysis and development perspectives). *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*. 2016; (6): 246. <https://elibrary.ru/xibief> (in Russian)
4. Matsevlitch L.M. Psychophysiologic occupational selection of ship specialists. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2006; 46(3): 29–33. <https://elibrary.ru/kfaqtq> (in Russian)
5. Gudkov A.B., Shcherbina F.A., Popov O.N., Chashchin V.P. Features of functional reserves of the cardiovascular system in cadets of the maritime university in conditions of long-term navigation. *Morskaya meditsina*. 2021; 7(3): 14–9. <https://elibrary.ru/vzjpwe> (in Russian)
6. Melnikova I.N. Influence of occupational factors on sailors' health. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2007; (1): 42–4. <https://elibrary.ru/hyiwpm> (in Russian)
7. Kopytenkova O., Aliev O. Psychophysiological methods for the determination of professional suitability of rail transport train drivers. *Internet-zhurnal Naukovedenie*. 2014; (5): 120. <https://elibrary.ru/tkemvx> (in Russian)
8. Karetnikov V.V., Kozik S.V., Sokolova I.A. Influence of fatigue skipper on ensuring security of navigation. *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S.O. Makarova*. 2017; 9(2): 272–9. <https://doi.org/10.21821/2309-5180-2017-9-2-272-279> <https://elibrary.ru/yilfwjd> (in Russian)
9. Grigoriev N.N., Sigaev D.B. Forms and effectiveness of IMO in seamen fatigue mitigation. *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S.O. Makarova*. 2017; 9(3): 506–15. <https://elibrary.ru/ytxybx> (in Russian)
10. Mosyagin I.G. Main problems in health status of navy officers and warrant officers. *Ekologiya cheloveka*. 2007; (2): 56–8. <https://elibrary.ru/hyion> (in Russian)
11. Shergina I.P., Chugin M.A. The impact of physical activity on mental health. *Mezhdunarodnyi studencheskii nauchnyi vestnik*. 2021; (2): 64. <https://elibrary.ru/qsakkf> (in Russian)
12. Kukui F. The probability of occurrence of a failure in the ship's organizational system, caused by the effect of fatigue while watch keeping. *Norw. J. Dev. Int. Sci.* 2019; (3–1): 34–9. <https://elibrary.ru/zbhpij> (in Russian)
13. Sigaev D.B., Shatylo A.P. Ways to achieve the potential of the navigator's profession as a factor of improving the merchant shipping safety. *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S.O. Makarova*. 2019; 11(4): 652–61. <https://elibrary.ru/rilagt> (in Russian)
14. Lützhöft M., Dahlgren A., Kircher A., Thorslund B., Gillberg M. Fatigue at sea in Swedish shipping—a field study. *Am. J. Ind. Med.* 2010; 53(7): 733–40. <https://doi.org/10.1002/ajim.20814>
15. Allen P., Wadsworth E., Smith A. The prevention and management of seafarers' fatigue: a review. *Int. Marit. Health*. 2007; 58(1–4): 167–77.
16. Salyga J., Kušleikaitė M. Factors influencing psychoemotional strain and fatigue, and relationship of these factors with health complaints at sea among Lithuanian seafarers. *Medicina (Kaunas)*. 2011; 47(12): 675–81.
17. Allen P., Wadsworth E., Smith A. Seafarers' fatigue: a review of the recent literature. *Int. Marit. Health*. 2008; 59(1–4): 81–92.
18. Simkuva H., Purins A., Mihailova S., Mihailovs I.J. Optimization of work and rest hours for navigation officers on the ship. In: *5th International Interdisciplinary Scientific Conference on Society, Health, Welfare, Volume 30*. EDP Sciences; 2016. <https://doi.org/10.1051/shsconf/20163000004>
19. Lysenko A.V., Tayutina T.V., Lysenko D.S., Arutyunov V.A. Assessment of physical exertion on the expression of anxiety depression. *Uchenye zapiski universiteta im. P.F. Lesgafta*. 2014; (11): 218–24. <https://elibrary.ru/taquv> (in Russian)
20. Soshkin P.A. Distress tolerance and adaptive capabilities in naval specialists with signs of professional burnout. *Morskaya meditsina*. 2021; 7(3): 62–70. <https://elibrary.ru/rzuuge> (in Russian)
21. Osadchuk O.L. Formation of professional reliability of a specialist. *Fundamentalnye issledovaniya*. 2005; (1): 86–8. <https://elibrary.ru/iujhap> (in Russian)

Сведения об авторах

Копытенкова Ольга Ивановна, доктор мед. наук, профессор, гл. науч. сотр. ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья», 191036, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: 5726164@mail.ru

Дубровская Екатерина Николаевна, зав. отд. изучения электромагнитных излучений отд. физических факторов, ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья», 191036, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: nikanorushka@mail.ru

Леванчук Леонид Александрович, инженер, Петербургский государственный университет путей сообщения императора Александра I, 190031, Санкт-Петербург, Россия.

Information about authors

Olga I. Kopytenkova, DSc (Med.), professor, chief researcher, Northwest Public Health Research Center, St. Petersburg, 191036, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0003-3557-2255> E-mail: 5726164@mail.ru

Ekaterina N. Dubrovskaya, head, Electromagnetic Radiation Research Department, Department of Physical Factors. Northwest Public Health Research Center, St. Petersburg, 191036, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0003-4235-378X> E-mail: nikanorushka@mail.ru

Leonid A. Levanchuk, PhD (Engineering), assistant, Department of Technosphere and Environmental Safety, St. Petersburg State University of Railways of Emperor Alexander I, St. Petersburg, 190031, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0003-3576-3852>