

Л.И. Фортунатова, В.В. Шлыгин, В.Ю. Лизунов, О.В. Паринов

ИЗУЧЕНИЕ ХАРАКТЕРА ВЗАИМОСВЯЗИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ОРГАНИЗМА С МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИМИ ФАКТОРАМИ КРАЙНЕГО СЕВЕРА

ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, Москва

Контактное лицо: Фортунатова Лариса Игоревна: fortunatova74@bk.ru

Резюме

Проведен анализ и количественная оценка влияния погодных условий Крайнего Севера на функциональное состояние специалистов атомной отрасли, работающих вахтовым методом организации труда. Исследование проходило в Мурманской области, в течение 40 дней (с июля по август) в ходе которого фиксировались параметры погодных условий и проводились индивидуальные обследования 38 участников (мужчины, средний возраст $40,4 \pm 7,9$ лет), приехавших из городов, находящихся в умеренных широтах. В общей сложности было выполнено 397 измерений variability сердечного ритма и показателей артериального давления, 101 измерение по методикам «Самочувствие, активность, настроение» и «Анкеты самооценки состояния», а также 501 измерение с использованием сенсомоторных методик (простая и сложная зрительно-моторная реакция).

Показано, что на частоту сердечных сокращений и аритмию сильнее всего оказывают влияние параметры облачности и температуры воздуха. Обнаружена корреляция между атмосферным давлением и субъективной оценкой состояния здоровья, при этом повышение давления приводит к снижению уровня бодрствования, концентрации внимания, эмоционального фона и уверенности в себе. Анализ влияния метеорологических факторов Крайнего Севера на зрительно-моторные стимулы показал, что увеличение относительной влажности воздуха и понижение температуры окружающей среды приводят к статистически значимому замедлению средней скорости реакции и увеличению количества ошибок при выполнении заданий.

Ключевые слова: метеорологические параметры, функциональное состояние, вахтовый метод организации труда, экстремальные погодные условия, адаптационные механизмы

Для цитирования: Фортунатова Л.И., Шлыгин В.В., Лизунов В.Ю., Паринов О.В. Изучение характера взаимосвязи функциональных характеристик организма с метеорологическими факторами Крайнего Севера // Клинический вестник ФМБЦ им. А.И. Бурназяна 2026. №1. С. 36–44 DOI: 10.33266/2782-6430-2026-1-36-44

L.I. Fortunatova, V.V. Shalygin, V.Yu. Lizunov, O.V. Parinov

The Study of the Nature of the Relationship Between the Functional Characteristics of the Body and Meteorological Factors of the Far North

International Office, State Research Center - Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, Moscow, Russia

Contact person: Fortunatova Larisa Igorevna: fortunatova74@bk.ru

Abstract

The analysis and quantitative assessment of the impact of weather conditions in the Far North on the functional state of specialists in the nuclear industry working on a rotational basis. The study was conducted in the Murmansk region, during 40 days (from July to August), during which the parameters of weather conditions were recorded and individual surveys were conducted on 38 participants (men, average age 40.4 ± 7.9 years), who came from cities located in temperate latitudes. In total, 397 measurements of heart rate variability and blood pressure indicators were performed, 101 measurements were performed using the "Self-Feeling, Activity, Mood" and "Self-Assessment Questionnaire" methods, and 501 measurements were performed using sensorimotor methods (simple and complex visual-motor reaction).

It was shown that the parameters of cloudiness and air temperature have the greatest impact on heart rate and arrhythmia. A correlation was found between atmospheric pressure and a subjective assessment of the state of health, while an increase in pressure leads to a decrease in the level of wakefulness, concentration, emotional background and self-confidence. An analysis of the influence of meteorological factors in the Far North on visual-motor stimuli has shown that an increase in relative humidity and a decrease in ambient temperature lead to a statistically significant slowdown in the average reaction rate and an increase in the number of errors when performing tasks.

Keywords: meteorological parameters, functional state, shift method of labor organization, extreme weather conditions, adaptation mechanisms

For citation: Fortunatova LI, Shalygin VV, Lizunov VYu., Parinov OV. The Study of the Nature of the Relationship Between the Functional Characteristics of the Body and Meteorological Factors of the Far North. A.I. Burnasyan Federal Medical Biophysical Center Clinical Bulletin. 2026.1:36-44. (In Russian) DOI: 10.33266/2782-6430-2026-1-36-44

Введение

Освоение Арктики и других территорий Крайнего Севера, характеризующихся экстремальными климатическими условиями, невозможно без использования вахтового метода организации труда. Обеспечение оптимального состояния здоровья и работоспособности специалистов, работающих вахтовым методом в этих регионах, является приоритетной задачей, напрямую влияющей на экономическую эффективность проектов и поддержание высокого уровня социальной защищенности работников. Крайний Север представляет собой уникальную среду с особыми биотропными условиями, которые оказывают значительное воздействие на физиологию человека. Эти факторы, изучаемые в биометеорологии, формируют специфические реакции организма в условиях арктического климата.

Биометеорология – это междисциплинарная область, изучающая взаимодействие между атмосферными процессами и живыми организмами, а также физиологические и патологические реакции человека на погодные условия [1]. В центре внимания исследований находятся адаптационные механизмы, позволяющие организму человека приспосабливаться к колебаниям метеорологических параметров. Важным аспектом биометеорологических исследований является изучение влияния фоновых погодных условий на здоровье человека, которое включает в себя анализ воздействия температуры, влажности, атмосферного давления, солнечной радиации и других параметров на различные физиологические системы организма [1, 2, 3].

Большинство исследований в области биометеорологии сосредоточены на изучении метеопатологического эффекта, то есть на нарушениях адаптации организма, вызванных как экстремальными, так и фоновыми колебаниями атмосферных факторов. Это направление ставит своей целью выявление механизмов, посредством которых погодные условия приводят к срыву компенсаторных реакций, вызывая ухудшение самочувствия, обострение хронических заболеваний и развитие патологических состояний. В качестве объекта исследования рассматриваются как популяционные, так и индивидуальные показатели людей с разнообразными заболеваниями и различной степенью чувствительности к метеорологическим условиям [1 – 7].

Другим направлением в области биометеорологии является изучение процессов адаптации здоровых людей к экстремальным условиям среды, таким как высокогорье или полярные экспедиции. Здесь основное внимание уделяется анализу физиологических изменений, происходящих в организме в ответ на длительное воздействие специфических климатических факторов [5, 8, 9]. Исследуются адаптивные механизмы, позволяющие человеку сохранять работоспособность и здоровье в условиях кислородного голодания, низких температур, дефицита солнечного света и других экстремальных воздействий. Основным материалом для такого анализа являются результаты лабораторных клинических измерений, отражающие состояние физиологических функций. К ним относятся показатели сердечно-сосудистой системы, ды-

хательной системы, нервной системы, эндокринной системы и других физиологических систем. На основе этих данных строится картина изменений, происходящих в организме под воздействием метеорологических факторов, что позволяет выявить механизмы патологических реакций и адаптивных процессов.

Таким образом, подавляющее большинство работ связано с выявлением общих и индивидуальных закономерностей и ассоциаций между погодными факторами и распространенностью различных заболеваний на основе популяционных статистических исследований и индивидуального мониторинга, либо с проведением клинических испытаний здоровых людей в лабораторных условиях.

При этом, несмотря на очевидную важность, в настоящее время отмечается крайняя ограниченность научных публикаций, посвященных натурным исследованиям характера взаимосвязи функциональных характеристик организма специалистов с биотропными факторами Крайнего Севера при проведении работ вахтовым методом. Существующие исследования, как правило, носят либо обобщенный характер, рассматривая влияние климата в целом, либо фокусируются на отдельных аспектах, таких как питание или сон. Между тем временное пребывание в арктических регионах для работников, прибывших из более южных климатических зон, сопряжено с адаптацией к специфическим климатогеографическим факторам. К ним относятся: выраженная циклоническая активность, геомагнитные возмущения, низкие температурные показатели, высокая изменчивость метеорологических параметров, сильные ветровые нагрузки, повышенная облачность и др.

Все эти факторы, действуя комплексно, оказывают существенное влияние на состояние здоровья и работоспособность вахтовых работников, повышая риск развития различных заболеваний, в том числе сердечно-сосудистых, эндокринных, нервных и психических расстройств, а также увеличивая вероятность ошибок, связанных с профессиональной деятельностью.

В связи с этим, представляется актуальным более глубокое и детальное изучение специфического влияния погодных условий Крайнего Севера на функциональное состояние организма. Это позволит разрабатывать и внедрять научно обоснованные профилактические и реабилитационные мероприятия, направленные на минимизацию негативных последствий воздействия экстремальных условий.

Цель

Целью исследования являлась количественная оценка взаимосвязи функциональных характеристик организма специалистов, работающих в области использования атомной энергии с погодными условиями Крайнего Севера.

Материалы и методы

Объектом исследования являлись работники объектов использования атомной энергии (ОИАЭ), выполняющие выездные работы в условиях Крайнего Севера. Средний возраст сотрудников составил

40,4±7,9 лет, мужчины. Исследование проходило в течение 40 дней (с июля по август), в ходе которого фиксировались параметры погодных условий и проводились индивидуальные обследования 38 участников, приехавших из городов, находящихся в умеренных широтах.

В ходе нашего исследования изучалось влияние метеорологических факторов (температура воздуха, относительная влажность, атмосферное давление, облачность и скорость ветра) на физиологическое, психологическое и психофизиологическое состояние человека. В общей сложности было выполнено 397 измерений вариабельности сердечного ритма (ВСР) и артериального давления (АД), 101 измерение по методикам «Самочувствие, активность, настроение» (САН) и «Анкеты самооценки состояния» (АСС), а также 501 измерение с использованием сенсомоторных методик (простая (ПЗМР) и сложная (СЗМР) зрительно-моторная реакция).

Также были изучены ретроспективные данные медицинских обращений по месту постоянного проживания работников (n обращений=104), а также информация о медицинских обращениях сотрудников в период выполнения работ (n обращений = 131) за три года.

Расчеты производились в RStudio (R version 4.3.0) с использованием языка программирования R. Для построения моделей был использован статистический пакет lme4. Визуализация осуществлялась с помощью статистических пакетов ggplot2. Проверка статистической гипотезы об отличии фактического распределения от нормального проводилась с использованием теста Шапиро-Уилка.

Отбор факторов для регрессионного анализа осуществлялся после оценки взаимосвязи между переменными с помощью корреляции Спирмена. В соответствии со шкалой Чеддока [10, 11] при значении коэффициента выше 0.7 корреляция считалась высокой. Среди переменных с высокой корреляцией оставляли только один фактор.

Для оценки величины эффекта метеоэлементов на функциональное состояние персонала были построены смешанные регрессионные модели (Multi-level mixed-effects linear regression analyses), которые были выбраны для учета индивидуальных особенностей обследуемых. Это связано с тем, что отдельными наблюдениями являлись повторные измерения показателей у одних и тех же респондентов [12].

В качестве фиксированных эффектов использовались максимальное значение высоты облаков в баллах (м), максимальная скорость ветра (м/с), температура (°C), давление (мм рт. ст.) и относительная влажность (%). Предикторы подбирались на основе информационного критерия Акаике (AIC, Akaike Information Criterion), который используется для оценки качества статистических моделей. Он помогает выбрать между несколькими моделями, основываясь на их способности объяснять данные и сложности модели. AIC учитывает как качество подгонки модели (логарифм правдоподобия), так и количество параметров в модели.

Для анализа была выбрана модель с минимальным значением критерия Акаике (2213.5709417), содержащая не менее четырех предикторов. В качестве случайного эффекта учитывалась вариация, связанная с индивидуальными различиями между участниками. При выборе регрессионной модели при установлении ассоциаций по физиологическим и психологическим характеристикам также было решено исключить переменную «влажность», так как ее удаление не вызывало значительных изменений в значении критерия Акаике.

Результаты и обсуждение

Исследование распространённости заболеваний показало, что до начала вахтовой работы наиболее частыми проблемами со здоровьем у сотрудников были заболевания органов пищеварения (35%), дыхательной системы (19%) и проблемы, связанные с социально-экономическими и психосоциальными факторами (10%). После начала вахтовой работы значительно возросла заболеваемость нервной (17,4%) и сердечно-сосудистой систем (18,1%), увеличившись в три раза по сравнению с периодом до вахты. Это указывает на влияние внешних факторов на здоровье работников.

Анализ взаимосвязи между физиологическими и метеорологическими параметрами.

Для диагностики начальных изменений, возникающих в функциональном состоянии системы кровообращения, были использованы данные ВСР и АД. В процессе корреляционного анализа было выявлено, что некоторые переменные имеют значительную взаимосвязь. Например, средняя частота сердечных сокращений (ЧСС) и интервалы между сердечными сокращениями демонстрируют сильную отрицательную корреляцию (рис. 1).

Для определения величины эффекта статистически значимых переменных (Beta) были разработаны смешанные регрессионные модели, в которых рассчитаны доверительные интервалы (95% CI) и выявлены статистически значимые ($p < 0.05$) параметры (табл. 2). В качестве независимых переменных рассматривались погодные условия.

Таблица 1

Средние значения статистически значимых показателей ВСР и АД (количество измерений=397)
Average values of statistically significant HRV and BP indicators (number of measurements=397)

n/n	Показатели	Значение
1	Медиана среднего значения ЧСС, уд/мин	72.90
2	Медиана числа аритмий NArr, %	0.00
3	Медиана индекса напряжения регуляторных систем Si, усл. ед.	182.05
4	Медиана мощности HF, мс ²	20.38
5	Медиана мощности VLF, мс ²	24.41

	Средняя ЧСС	Средний интервал	RMSSD	pNN50	Коэффициент вариации (CV), %	Число аритмий (NArr), %	Si	TP	HF	LF	VLF	ULF	Мощность HF	Мощность LF	Мощность VLF	LF HF	VLF HF	IC
Средний интервал	5 (V)																	
RMSSD	2 (V)	2 (Δ)																
pNN50	3 (V)	3 (Δ)	4 (Δ)															
Коэффициент вариации (CV), %	1 (V)	1 (Δ)	4 (Δ)	3 (Δ)														
Число аритмий (NArr), %	-	-	1 (Δ)	1 (Δ)	2 (Δ)													
Si	4 (Δ)	4 (V)	3 (V)	4 (V)	3 (V)	-												
TP	3 (V)	3 (Δ)	4 (Δ)	4 (Δ)	4 (Δ)	2 (Δ)	4 (V)											
HF	2 (V)	2 (Δ)	4 (Δ)	4 (Δ)	4 (Δ)	1 (Δ)	3 (V)	4 (Δ)										
LF	2 (V)	2 (Δ)	3 (Δ)	3 (Δ)	4 (Δ)	2 (Δ)	4 (V)	5 (Δ)	4 (Δ)									
VLF	3 (V)	3 (Δ)	3 (Δ)	3 (Δ)	3 (Δ)	2 (Δ)	4 (V)	4 (Δ)	3 (Δ)	4 (Δ)								
ULF	2 (V)	2 (Δ)	2 (Δ)	2 (Δ)	3 (Δ)	1 (Δ)	3 (V)	3 (Δ)	3 (Δ)	3 (Δ)	4 (Δ)							
Мощность HF	1 (V)	1 (Δ)	2 (Δ)	2 (Δ)	-	1 (V)	-	-	2 (Δ)	-	1 (V)	1 (V)						
Мощность LF	-	-	-	-	1 (Δ)	1 (Δ)	1 (V)	1 (Δ)	-	2 (Δ)	1 (Δ)	1 (Δ)	2 (V)					
Мощность VLF	1 (Δ)	1 (V)	2 (V)	2 (V)	1 (V)	-	1 (Δ)	1 (V)	2 (V)	2 (V)	1 (Δ)	1 (Δ)	3 (V)	2 (V)				
LF HF	1 (Δ)	1 (V)	1 (V)	2 (V)	-	1 (Δ)	-	-	1 (V)	1 (Δ)	1 (Δ)	1 (Δ)	5 (V)	4 (Δ)	1 (Δ)			
VLF HF	1 (Δ)	1 (V)	2 (V)	2 (V)	1 (V)	1 (Δ)	1 (Δ)	1 (V)	2 (V)	-	1 (Δ)	1 (Δ)	5 (V)	1 (Δ)	4 (Δ)	4 (Δ)		
IC	1 (Δ)	1 (V)	2 (V)	2 (V)	-	1 (Δ)	-	-	2 (V)	-	1 (Δ)	1 (Δ)	5 (V)	2 (Δ)	3 (Δ)	5 (Δ)	5 (Δ)	
ПАРС	3 (Δ)	3 (V)	1 (V)	2 (V)	-	1 (Δ)	2 (Δ)	1 (V)	1 (V)	1 (V)	2 (V)	2 (V)	-	2 (Δ)	1 (V)	1 (Δ)	-	-

Δ - прямая связь; V - обратная связь

-	- связь недостоверна при P=0,95	3	- заметная связь (0,50< r ≤0,70)
1	- слабая связь (r ≤0,30)	4	- высокая связь (0,70< r ≤0,90)
2	- умеренная связь (0,30< r ≤0,50)	5	- весьма высокая связь (r >0,90)

Рис. 1. Матрица корреляционной зависимости между физиологическими переменными работников ОИАЭ Fig. 1. Matrix of correlation dependence between physiological variables of OIA employees

Анализ данных выявил статистически значимую связь между максимальной облачностью и снижением частоты сердечных сокращений (-0.33), а также уменьшением числа аритмий (-0.06). Полученные результаты свидетельствуют о том, что увеличение облачности коррелирует с нормализацией сердечного ритма и снижением симпатической активности ($p < 0.05$). Кроме того, с высокой долей вероятности установлено, что понижение температуры воздуха, атмосферного давления и скорости ветра приводит к увеличению частоты сердечных сокращений.

Анализ вариабельности сердечного ритма выявил статистически значимую взаимосвязь между метеорологическими факторами (скорость ветра, облачность и атмосферное давление) и активностью различных частотных диапазонов сердечного ритма (HF и VLF). Повышение скорости ветра (0.32), облачности (0.54) и атмосферного давления (0.21) коррелирует с усилением парасимпатической нервной системы, улучшением регуляции нервных и гуморальных ме-

ханизмов. В то же время те же метеорологические изменения связаны со снижением энергетических и метаболических процессов, что отражается в снижении мощности VLF-компоненты сердечного ритма. Таким образом, внешние погодные условия оказывают комплексное воздействие на вегетативную регуляцию и энергетический баланс организма.

Статистически значимое воздействие на индекс напряжения регуляторных систем (Si) оказывают изменения скорости ветра (снижение на 41 единицу) и давления (снижение на 14 единиц). Повышение этих параметров приводит к уменьшению централизации в управлении сердечным ритмом и, как следствие, к усилению влияния автономной регуляции.

Анализ взаимосвязи между психологическими и метеорологическими параметрами

Для оценки воздействия климата на психологическое состояние сотрудников ОИАЭ во время работы применялись методики САН и АСС. В смешанных регрессионных моделях анализировались такие

Таблица 2

Сила связи между физиологическими показателями ВСР и АД и климатическими факторами в условиях командировки (количество измерений=397)
The strength of the relationship between the physiological parameters of HRV and BP and climatic factors during a business trip (number of measurements =397)

n/n	Модель	Характеристики	Beta	95% CI	p-value
1	Среднее ЧСС, уд/мин	Максимальная облачность	-0.33	-0.62, -0.03	0.03
		Температура	-0.18	-0.42, 0.05	0.09
		Максимальная скорость ветра	-0.23	-0.50, 0.04	0.10
		Давление	-0.10	-0.26, 0.06	0.09
2	NAgr, %	Максимальная облачность	-0.06	-0.12, 0.00	0.05
3	Si, усл. ед.	Максимальная скорость ветра	-41	-79, -2.6	0.03
		Давление	-14	-36, 8.0	0.09
4	Мощность HF, мс ²	Максимальная облачность	0.54	0.10, 0.97	0.01
		Максимальная скорость ветра	0.32	-0.07, 0.72	0.08
		Давление	0.21	-0.02, 0.43	0.07
5	Мощность VLF, мс ²	Максимальная облачность	-0.33	-0.74, 0.08	0.08
		Максимальная скорость ветра	-0.25	-0.62, 0.12	0.09
		Давление	-0.24	-0.45, -0.02	0.03

	Бодрость	Интерес к работе	Внимательность	Собранность	Настроение	Самочувствие	Уверенность в себе	Стены
Интерес к работе	1 (Λ)							
Внимательность	2 (Λ)	2 (Λ)						
Собранность	2 (Λ)	-	3 (Λ)					
Настроение	3 (Λ)	2 (Λ)	3 (Λ)	2 (Λ)				
Самочувствие	2 (Λ)	-	2 (Λ)	2 (Λ)	2 (Λ)			
Уверенность в себе	1 (Λ)	1 (Λ)	1 (Λ)	1 (Λ)	2 (Λ)	2 (Λ)		
Стены	3 (Λ)	2 (Λ)	3 (Λ)	3 (Λ)	4 (Λ)	3 (Λ)	3 (Λ)	
Общий балл	4 (Λ)	3 (Λ)	4 (Λ)	3 (Λ)	4 (Λ)	3 (Λ)	3 (Λ)	5 (Λ)

Λ - прямая связь; V - обратная связь

-	- связь недостоверна при P=0,95	3	- заметная связь (0,50< r ≤0,70)
1	- слабая связь (r ≤ 0,30)	4	- высокая связь (0,70< r ≤0,90)
2	- умеренная связь (0,30< r ≤0,50)	5	- весьма высокая связь (r >0,90)

Рис. 2. Матрица корреляционной зависимости между психологическими параметрами работников в области использования атомной энергии по методике ACC

Fig. 2. Matrix of correlation dependence between psychological parameters of workers in the field of atomic energy use according to ACC methodology

Таблица 3

Средние значения статистически значимых показателей по методике АСС (количество измерений=101))
Average values of statistically significant indicators according to the ACC methodology (number of measurements=101))

n/n	Показатели	Значение
1	Медиана оценки бодрости	0.00
2	Медиана оценки внимательности	1.00
3	Медиана оценки настроения	1.00
4	Медиана оценки уверенности в себе	1.00

зависимые переменные, как самочувствие, активность, настроение, бодрость, интерес к работе, внимательность, собранность и уверенность в себе (рис. 2).

В таблице 3 представлены средние значения статистически достоверных психологических показателей, в которых был выявлен эффект природных условий на участников исследования ($p < 0.05$).

Анализ данных участников работ не выявил статистически значимой связи между климатом и самочувствием, активностью и настроением специалистов, измеряемыми по методике САН ($p > 0.3$). Это может объясняться как отсутствием влияния погодных условий, так и недостаточным количеством наблюдений. При этом климатические факторы оказывали более выраженное влияние на психологические показатели, определяемые по методике АСС (табл. 4).

Как видно из представленных результатов выявлена прямая корреляция между повышением атмосферного давления и ухудшением самочувствия, проявляющаяся в снижении показателей бодрости, внимательности, настроения и уверенности в себе. Коэффициенты корреляции (от -0.05 до -0.08) указывают на то, что даже небольшие колебания давления могут негативно влиять на психическое благополучие, при этом влияние распространяется равномерно на различные аспекты эмоционального состояния.

Таблица 4

Сила связи между психологическими показателями по методике АСС и климатическими факторами в командировке (количество измерений=101))
The strength of the relationship between psychological indicators according to the ACC methodology and climatic factors on a business trip (number of measurements =101)

n/n	Модель	Характеристики	Beta	95% CI	p-value
1	Бодрость	Максимальная облачность	0.22	-0.01, 0.44	0.05
		Максимальная скорость ветра	0.24	-0.03, 0.51	0.07
		Давление	-0.05	-0.11, 0.01	0.08
2	Внимательность	Давление	-0.05	-0.10, 0.00	0.03
3	Настроение	Максимальная облачность	0.16	-0.07, 0.39	0.09
		Максимальная скорость ветра	0.23	-0.04, 0.50	0.09
		Давление	-0.08	-0.14, -0.01	0.01
4	Уверенность в себе	Температура	-0.09	-0.16, -0.02	0.01
		Давление	-0.05	-0.10, 0.01	0.07

Уменьшение скорости ветра и облачности положительно влияет на самочувствие людей, приводя к улучшению бодрости, настроения и уверенности в себе. Более спокойная и ясная погода воспринимается как комфортная и способствует психологическому благополучию. Снижение ветровой нагрузки также облегчает передвижение по территории поселка, позволяя проводить больше времени на улице в свободное от работы время. Коэффициенты корреляции между улучшением самочувствия и уменьшением скорости ветра составляют 0.24 и 0.23, а с уменьшением облачности - 0.22 и 0.16.

Также установлено, что температура, скорость ветра и облачность оказывают положительное влияние на субъективное самочувствие человека. С высокой вероятностью (более 90%) установлено, что повышение температуры воздуха коррелирует с улучшением настроения и ощущением бодрости (коэффициент корреляции -0.09).

Анализ взаимосвязи между психофизиологическими и метеорологическими параметрами

Для установления связи между биотропными факторами и работой центральной нервной системы у специалистов применялись сенсомоторные тесты ПЗМР и СЗМР. В регрессионных моделях анализировались количество правильных ответов и скорость реакции на зрительные стимулы (рис. 3). Отбор признаков осуществлялся на основе средней скорости реакции, а индивидуальные различия между участниками учитывались как случайный фактор.

В таблице 5 приведены средние значения статистически достоверных психофизиологических показателей, в которых был обнаружен эффект природных условий на участников исследования ($p < 0.05$).

Анализ ПЗМР не выявил значимых различий между исследуемыми параметрами, поэтому в данной работе результаты не приводятся. Наиболее значимые ассоциации по СЗМР обнаружены для среднего времени реакции и количества ошибок (табл. 6).

	Количество ошибочных действий	Средняя скорость нажатий
Средняя скорость нажатий	1 (V)	
Скорость и правильность переработки информации	1 (V)	4 (V)
Λ - прямая связь; V - обратная связь		
- - связь недостоверна при P=0,95	3 - заметная связь (0,50< r ≤0,70)	
1 - слабая связь (r ≤ 0,30)	4 - высокая связь (0,70< r ≤0,90)	
2 - умеренная связь (0,30< r ≤0,50)	5 - весьма высокая связь (r >0,90)	

Рис. 2. Матрица корреляционной зависимости между психофизиологическими параметрами работников в области использования атомной энергии по методике СЗМР

Fig.2. Matrix of correlation dependence between psychophysiological parameters of workers in the field of atomic energy use according to the SPMR methodology

Представленные результаты выявили слабую, но статистически значимую корреляцию между метеорологическими условиями и скоростью реакции на зрительно-моторные стимулы. Повышение влажности (-5,4) и понижение температуры воздуха (13) незначительно замедляют скорость реакции вахтовых работников. Это замедление, хоть и небольшое (в миллисекундах), может быть критичным в профессиональной деятельности, требующей высокой концентрации. Предполагается, что замедление связано с увеличением времени, необходимого для протекания физико-химических процессов в организме, передачи нервных импульсов, а также аналитико-синтетической деятельности структур головного мозга.

Интересно отметить, что анализ данных выявил взаимосвязь между изменениями климата и увеличением числа ошибок. В частности, рост влажности

(0,06) и снижение температуры (-0,04) коррелируют с возрастанием ошибок, что согласуется с общепринятыми научными представлениями о влиянии неблагоприятных внешних факторов на когнитивные процессы. При этом воздействие температуры на количество ошибок оказалось более значительным, чем влияние влажности, что указывает на разную степень их воздействия на когнитивные функции.

Заключение

В качестве оценки влияния метеорологических факторов на функциональное состояние работников, при анализе данных одних и тех же участников, целесообразно использовать смешанные регрессионные модели. Эти модели являются многоуровневыми линейными регрессиями, включающими смешанные эффекты. Такой подход позволяет более точно оценить воздействие погодных условий на работников.

Климатические факторы, такие как увеличение облачности, снижение температуры воздуха, атмосферного давления и скорости ветра, оказывают существенное влияние на сердечно-сосудистую систему, в частности, на частоту сердечных сокращений и возникновение аритмий. Также эти параметры оказывают определенное воздействие на парасимпатическую нервную систему.

Исследование установило, что атмосферное давление напрямую влияет на самочувствие: его повышение негативно сказывается на уровне бодрости, концентрации внимания, настроении и уверенности

Таблица 5

Средние значения статистически значимых показателей по методике СЗМР (количество измерений=501)
Average values of statistically significant indicators according to the SPMR method (number of measurements=501)

n/n	Показатели	Значение
1	Медиана количества ошибочных действий, баллы	0.01
2	Медиана средней времени реакций, мс	324.50

Таблица 6

Сила связи между психофизиологическими показателями по методике СЗМР и климатическими факторами в командировке (количество измерений=501)
The strength of the relationship between psychophysiological parameters according to the SPMR method and climatic factors on a business trip (number of measurements =501)

n/n	Модель	Характеристики	Beta	95% CI	p-value
1	Среднее время реакции, мс	Влажность	-5.4	-11, 0.66	0.08
		Температура	13	-2.2, 28	0.04
2	Количество ошибочных действий, баллы	Влажность	0.06	0.01, 0.11	0.02
		Температура	-0.04	-0.08, 0.01	0.05

в себе. Напротив, снижение скорости ветра и уменьшение облачности благоприятно сказываются на состоянии человека, повышая бодрость, улучшая настроение и укрепляя уверенность в себе. Исследование показало, что на Крайнем Севере метеорологические факторы негативно влияют на ско-

рость и точность реакций вахтовых работников. В частности, высокая влажность и низкая температура воздуха замедляют скорость реакции и увеличивают количество ошибок. При этом изменение температуры воздуха оказывает более сильное воздействие, чем изменение влажности.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Зонди Л. Выбор болезни как судьба / Пер. с нем. А.В.Тихомирова // Персонал-Профи. Вып. 7. Екатеринбург, 2002. С. 51-65.
2. Зонди Л. Выбор смерти как судьба. Танатотропизм / Пер. с нем. А.В.Тихомирова // Персонал-Профи. Вып. 8-9. Екатеринбург, 2002. С. 20-32.
3. Калитеевская Е.Р. Психическое здоровье как способ бытия в мире: от объяснения к переживанию // Психология с человеческим лицом: гуманистическая перспектива в постсоветской психологии / Под ред. Д.А.Леонтьева, В.Г.Щура. М.: Смысл, 1997. С. 231-238.
4. Ложкин А.И., Мирошник Е.В., Тихомиров А.В. Компьютерная модифицированная методика оценки опасности «Края» и ресурсы «Середины» в профиле побуждения человека «Zondi-expert». 2018. Версия 1.0.
5. Ложкин А.И., Тихомиров А.В. Качественные методы диагностики «Метод Края и Середины». Екатеринбург: Судьбоаналитическое общество, 2012.
6. Лызь Н.А. О структуре психического здоровья человека (обзор исследований) // Известия ТРТУ. Тематический выпуск. 2004. №6. С. 241-251.
7. Маслоу А.Г. Мотивация и личность / Пер. с англ. Т.Гутман, Н.Мушина. М.-СПб.: Питер, 2003. 351 с.
8. Минкин В.А. Виброизображение. СПб.: Реноме, 2007. 108 с. doi: 10.25696/ELSYS.B.RU.VI.2007
9. Минкин В.А. Виброизображение, кибернетика и эмоции. СПб.: Реноме, 2020. 162 с. doi: 10.25696/ELSYS.B.RU.VCE.2020.
10. Мирошник Е.В., Минкин В.А. Программа психофизиологической экспресс-оценки уровня Адаптационного Потенциала Личности «Вибра АПЛ» // Современная психофизиология. Технология виброизображения: Труды 2-й Международной научно-технической конференции, Санкт-Петербург, 25-26 июня 2019 г. СПб.: Элсис, 2019. С. 327.
11. Мирошник Е.В., Акимов В.А. Сравнительное тестирование целевой группы методами психодиагностики Зонди, Люшера, и Профайлер+ с поддержкой технологией виброизображения // Современная психофизиология. Технология виброизображения: Труды 6-й Международной научно-технической конференции, Санкт-Петербург, 29-30 июня 2023 г. СПб.: Элсис, 2023. №1 (6). С. 82-90.
12. Мирошник Е.В., Бобров А.Ф. Дозологический экспресс-анализ факторов «невротической тетрады опасности» и ресурсов побудительного профиля личности при оценке уровня психического здоровья специалистов помогающих профессий // Современная психофизиология. Технология виброизображения: Тр. 6-й Международной научно-технической конференции, Санкт-Петербург 29-30 июня 2023 г. СПб.: Элсис, 2023. №1 (6). С. 209-216.
13. Мясичев В.Н. Понятие личности в аспектах нормы и патологии // Психология отношений. М.-Воронеж: МОДЭК, 1998. С. 39-67.
14. Новицкий П.В. Электрические измерения неэлектрических величин: Учеб. пособие для вузов. Л.: Энергия, 1975. 576 с.
15. Павлов И.П. Рефлекс свободы. СПб.: Питер, 2017. С. 65-67.
16. Сеченов И.М. Элементы мысли. М.: Научное слово, 1903. 125 с.
17. Мирошник Е.В., Бобров А.Ф. Выявление взаимосвязи уровня социализации профиля бессознательной мотивации личности с параметрами психофизиологического комфорта сотрудников помогающих профессий // Современная психофизиология. Технология виброизображения. 2024. Т.1. №7. С. 202-210.
18. Ютгнер Ф. Судьбоанализ в выводах. Обзор пяти основных книг Леопольда Зонди / Пер.с нем. А.В.Тихомирова. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2002. 262 с. ISBN 5-7584-0032-7.
19. Карягина Т.Д., Рощина С.Ю. Эмпатия и выгорание у представителей помогающих профессий // Современная зарубежная психология. 2023. Т.12. №2. С.30-42. Электронный ресурс: https://psyjournals.ru/journals/jmfp/archive/2023_n2/Karyagina_Roshchina.

REFERENCES

1. Zondi L. Choice of Disease as Fate. Personal-Prof. 2002;7:51-65 (In Russ.).
2. Zondi L. The Choice of Death as Fate. Thanatotropism. Personal-Prof. 2002;8-9:20-32 (In Russ.).
3. Kaliteyevskaya Ye.R. Mental Health as a Way of Being in the World: from Explanation to Experience. Psikhologiya s Chelovecheskim Litsom: Gumanisticheskaya Perspektiva v Postsovetskoyu Psikhologii = Psychology with a Human Face: a Humanistic Perspective. Ed. D.A.Leont'yev, V.G.Shchur. Moscow, Smysl Publ., 1997. P. 231-238. (In Russ.).
4. Lozhkin A.I., Miroshnik Ye.V., Tikhomirov A.V. Computer-Based Modified Methodology for Assessing the Danger of "Edges" and Resources of "Middle". Profil' Pobuzhdeniya Cheloveka «Zondi-Expert» = Human Motivation Profile "Zondi-Expert". 2018. Version 1.0. (In Russ.).
5. Lozhkin A.I., Tikhomirov A.V. Kachestvennyye Metody Diagnostiki «Metod Kraya i Sere diny» = Qualitative Diagnostic Methods "Method of Edge and Middle". Ekaterinburg, Sud'boanaliticheskoye Obshchestvo

- Publ., 2012 (In Russ.).
6. Lyz' N.A. On the Structure of Human Mental Health (Research Review). *Izvestiya Taganrogskogo Radiotekhnicheskogo Universiteta = News of the Taganrog Radio Engineering University. Thematic Issue.* 2004;6:241-251 (In Russ.).
 7. Maslou A. *Motivatsiya i Lichnost' = Motivation and Personality.* Moscow - St. Petersburg, Piter Publ., 2003. 351 p. (In Russ.).
 8. Minkin V.A. *Vibroizobrazheniye = Vibroimage.* St. Petersburg: Renome Publ., 2007. 108 p. (In Russ.). doi: 10.25696/ELSYS.B.RU.VI.2007
 9. Minkin V.A. *Vibroizobrazheniye, Kibernetika i Emotsii = Vibraimage, Cybernetics, and Emotions.* St. Petersburg: Renome Publ., 2020. 162 p. (In Russ.). doi: 10.25696/ELSYS.B.RU.VCE.2020
 10. Miroshnik Ye.V., Minkin V.A. Program for Psychophysiological Express Assessment of the Level of Adaptation Potential of the Personality "Vibra APL". *Sovremennaya Psikhofiziologiya. Tekhnologiya Vibroizobrazheniya = Modern Psychophysiology. Vibraimage Technology. Proceedings of the 2nd International Scientific and Technical Conference.* St. Petersburg, June 25-26, 2019. St. Petersburg, Elsis Publ., 2019;1:327 (In Russ.).
 11. Miroshnik Ye.V., Akimov V.A. Comparative Testing of a Target Group Using the Psychodiagnostic Methods of Zondi, Luscher, and Profiler+ with the Support of Vibraimage. *Sovremennaya Psikhofiziologiya. Tekhnologiya Vibroizobrazheniya = Modern Psychophysiology. Vibraimage Technology. Proceedings of the 6th International Scientific and Technical Conference.* St. Petersburg, June 29-30, 2023. St. Petersburg, Elsis Publ., 2023;1:82-90 (In Russ.).
 12. Miroshnik Ye.V., Bobrov A.F. Pre-Clinical Express Analysis of the Factors of the "Neurotic Tetrad of Danger" and the Resources of the Personality's Incentive Profile in Assessing the Level of Mental Health of Specialists in Helping Professions. *Sovremennaya Psikhofiziologiya. Tekhnologiya Vibroizobrazheniya = Modern Psychophysiology. Vibraimage Technology. Proceedings of the 6th International Scientific and Technical Conference.* St. Petersburg, June 29-30, 2023. St. Petersburg, Elsis Publ., 2023;1:209-216 (In Russ.).
 13. Myasishchev V.N. The Concept of Personality in Aspects of Norm and Pathology. *Psikhologiya Otnosheniy = Psychology of Relationships.* Moscow – Voronezh, MODEK Publ., 1998. P. 39-67 (In Russ.).
 14. Novitskiy P.V. *Elektricheskiye Izmereniya Neelektricheskikh Velichin = Electrical Measurements of Non-Electrical Quantities.* Textbook. Leningrad, Energiya Publ., 1975. 576 p. (In Russ.).
 15. Pavlov I.P. *Refleks Svobody = Reflex of Freedom.* St. Petersburg, Piter Publ., 2017. P. 65-67 (In Russ.).
 16. Sechenov I.M. *Elementy Mysli = Elements of Thought.* Moscow, Nauchnoye Slovo Publ., 1903. 125 p. (In Russ.).
 17. Miroshnik Ye.V., Bobrov A.F. Identification of the Relationship between the Level of Socialization of the Profile of Unconscious Motivation of an Individual and the Parameters of Psychophysiological Comfort of Employees of Helping Professions. *Sovremennaya Psikhofiziologiya. Tekhnologiya Vibroizobrazheniya = Modern Psychophysiology. The Vibraimage Technology.* 2024;1;7:202-210 (In Russ.).
 18. Juttner F. *Sud'boanaliz v Vyvodakh. Obzor Pyati Osnovnykh Knig Leopolda Zondi = Fate Analysis in Conclusions. A Review of Five Main Books by Leopold Szondi.* Yekaterinburg, Ural University Publ., 2002. ISBN 5-7584-0032-7 (In Russ.).
 19. Karyagina T.D., Roshchina S.Yu. Empathy and Burnout in Representatives of Helping Professions. *Sovremennaya Zarubezhnaya Psikhologiya = Journal of Modern Foreign Psychology.* 2023;12;2:30-42 (In Russ.). URL: https://psyjournals.ru/journals/jmfp/archive/2023_n2/Karyagina_Roshchina.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.
Участие авторов. Статья подготовлена с равным участием авторов.
Поступила: 21.09.2025. Принята к публикации: 30.10.2025.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.
Financing. The study had no sponsorship.
Contribution. Article was prepared with equal participation of the authors.
Article received: 21.09.2025. Accepted for publication: 30.10.2025