

УДК 57.045:612.1

Динамика функционального состояния участников Российской Антарктической экспедиции во время морского перехода к ледяному континенту

Панкова Н.Б.¹, Кутузова И.А.², Котенев А.В.³, Ратманова П.О.³, Карганов М.Ю.¹

¹Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт общей патологии и патофизиологии»

125315, Москва, ул. Балтийская, д. 8

²Факультет почвоведения Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»

119234, Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 12

³Биологический факультет Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»

119234, Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 12

Наблюдения за динамикой функциональных показателей участников антарктических экспедиций свидетельствуют о том, что первые сдвиги в психологическом статусе, состоянии регуляторных систем, энергетическом и пластическом метаболизме начинаются ещё до высадки на ледовом континенте, на пути к месту высадки.

Цель исследования — проследить динамику психофизиологических показателей и индикаторов состояния сердечно-сосудистой системы и её автономной регуляции за время морского перехода из Санкт-Петербурга к Антарктиде (3 ноября — 8 декабря 2024 г.)

Методика. В исследовании приняли участие 9 сотрудников 70-й Российской антарктической экспедиции (70-я РАЭ). На приборе «БиоМышь» модель KFP-01b (ООО НейроЛаб, РФ) проводили ежедневные тестирования психофизиологических показателей (время простой и сложной сенсомоторной реакции, время реакции на движущийся объект и тест на распределение внимания), а также вариабельности сердечного ритма (BCR): длительность каждой регистрации составляла 90–120 с, анализировали статистические, геометрические и спектральные показатели BCR. Кроме того, проводили регистрацию тонометром частоты сердечных сокращений (ЧСС) и артериального давления (АД). Для облегчения оценки динамики показателей весь период наблюдения был разбит на 5 недельных интервалов, для каждого участника экспедиции рассчитывали средние величины за неделю. В качестве синхронного контроля использованы результаты оценки BCR методом спиреокардиокардиографии сотрудников ФГБУ «НИИОПП» в Москве: пять еженедельных тестирований длительностью по 2 мин, также с одновременной регистрацией ЧСС и АД тонометром.

Результаты. У участников экспедиции за первые три недели путешествия (по северному полушарию) динамики психофизиологических показателей выявлено не было. В параметрах сердечно-сосудистой системы обнаружено снижение ЧСС, тенденция к снижению пульсового АД и тенденция к снижению стресс-индекса. В контрольной группе динамики ни по одному из оцениваемых показателей не было, однако при межгрупповых сравнениях динамики была обнаружена тенденция к наличию статистических различий по показателю RMSSD. На интервале 1–5 недель у участников экспедиции мы выявили тенденцию к появлению запаздывания в реакции на движущийся объект; по другим психофизиологическим показателям динамики обнаружено не было. В показателях сердечно-сосудистой системы выявлена тенденция к снижению ЧСС и тенденция к возрастанию RMSSD. В контрольной группе из показателей сердечно-сосудистой системы была обнаружена только тенденция к снижению величины пульсового АД. Единственным показателем, чья динамика на данном временном отрезке имела статистически значимые межгрупповые различия, была величина RMSSD.

Заключение. Полученные данные свидетельствуют о том, что в экспедиции к Антарктиде на этапе морского перехода к ледовому континенту психофизиологические показатели стабильны. Однако в этот период обнаруживаются первые признаки изменения в работе регуляторных систем организма в виде снижения симпатических влияний и, наоборот, возрастания активности парасимпатического звена автономной регуляции.

Ключевые слова: психофизиологические показатели; вариабельность сердечного ритма; адаптивные изменения; длительные экспедиции; Антарктика.

Для цитирования: Панкова Н.Б., Кутузова И.А., Котенев А.В., Ратманова П.О., Карганов М.Ю. Динамика функционального состояния участников Российской Антарктической экспедиции во время морского перехода к ледяному континенту. Патогенез. 2025; 23(4): 31–39.

DOI: 10.48612/path/2310-0435.2025.04.31-39

Для корреспонденции: Панкова Наталия Борисовна, e-mail: nbpankova@gmail.com

Финансирование. Исследование выполнялось в рамках 70-й РАЭ, научного проекта государственного задания МГУ имени М.В. Ломоносова №121032500081-5 и государственного задания ФГБУ «НИИОПП» Оценка физиологического баланса организма при воздействии экстремальных факторов среды (FGFU-2025-0003).

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Благодарности. Данные наблюдений, использованные при написании статьи, были получены в 70-й Российской антарктической экспедиции, организованной ФГБУ «Арктический и антарктический научно-исследовательский институт» (ФГБУ «ААНИИ») Росгидромета. Авторы выражают глубокую признательность членам экспедиции за всестороннюю помощь при проведении исследовательских работ, а также сотрудникам ФГБУ «НИИОПП» за участие в контрольных измерениях.

Поступила: 17.09.2025.

Dynamics of the functional state of the participants of the Russian Antarctic expedition during the sea travel to the Ice Continent

Pankova N.B.¹, Kutuzova I.A.², Kotenev A.V.³, Ratmanova P.O.³, Karganov M.Yu.¹

¹Institute of General Pathology and Pathophysiology
Baltiyskaya St. 8, Moscow 125315, Russian Federation

²M.V. Lomonosov Moscow State University, Soil Science Faculty
Leninskie Gory 1, Bldg. 12, Moscow 119234, Russian Federation

³M.V. Lomonosov Moscow State University, Faculty of Biology
Leninskie Gory 1 Bldg. 12, Moscow 119234, Russian Federation

Observations of the dynamics of the functional indicators of participants in Antarctic expeditions show that the first changes in psychological status, the state of regulatory systems, and energy and plastic metabolism begin even before landing on the ice continent, on the way to the landing site.

The purpose of the study is to trace the dynamics of psychophysiological indicators and indicators of the cardiovascular system and its autonomous regulation during the sea travel from St. Petersburg to Antarctica (November 3 – December 8, 2024).

Methodology. Nine members of the 70th Russian Antarctic Expedition (70th RAE) participate in the study. Daily testing of psychophysiological indicators (simple and complex sensorimotor reaction time, reaction time to a moving object, and attention distribution test) was performed using the BioMouse KFP-01b device (NeuroLab LLC, Russia), as well as heart rate variability (HRV): each recording lasted 90–120 seconds, and statistical, geometric, and spectral indicators of HRV were analyzed. In addition, the heart rate (HR) and blood pressure (BP) were recorded using a tonometer. To facilitate the assessment of the dynamics of the indicators, the entire observation period was divided into 5 weekly intervals, and the average values for each participant were calculated for each week. As a synchronous control, the results of the assessment of HRV using the method of spiroarteriocardiorhythmography by employees of the Research Institute of General Pathology and Pathophysiology in Moscow were used: five weekly tests lasting 2 minutes each.

Results. During the first three weeks of the expedition (in the northern hemisphere), no changes in psychophysiological indicators were observed. In the cardiovascular system, there was a decrease in heart rate, a tendency towards a decrease in pulse pressure, and a tendency towards a decrease in the stress index. In the control group, there were no changes in any of the evaluated indicators, but there was a tendency towards statistical differences in RMSSD when comparing the groups. Over the 1–5 week interval, we found a tendency for the expedition participants to experience a delay in their reaction to a moving object; no changes were observed in other psychophysiological indicators. In the cardiovascular system indicators, there was a tendency for heart rate to decrease and for RMSSD to increase. In the control group, the only change in cardiovascular system indicators was a tendency for pulse pressure to decrease. The only indicator whose dynamics had statistically significant intergroup differences over this time period was the RMSSD value.

Conclusion. The data obtained indicate that during the expedition to Antarctica, the psychophysiological indicators were stable during the sea travel to the ice continent. However, during this period, the first signs of changes in the body's regulatory systems were observed, such as a decrease in sympathetic influences and an increase in the activity of the parasympathetic branch of autonomic regulation.

Key words: psychophysiological indicators; heart rate variability; adaptive changes; long expeditions; Antarctic.

For citation: Pankova N.B., Kutuzova I.A., Kotenev A.V., Ratmanova P.O., Karganov M.Yu. [Dynamics of the functional state of the participants of the Russian Antarctic expedition during the sea travel to the Ice Continent]. *Patogenez [Pathogenesis]*. 2025; 23(4): 31–39 (in Russian).

DOI: 10.48612/path/2310-0435.2025.04.31-39

For correspondence: Pankova Nataliya Borisovna, e-mail: nbpankova@gmail.com

Funding. The study was realized within the framework of the 70th RAE, and as a part of scientific project of the State Assignment of M.V. Lomonosov Moscow State University #121032500081-5 and a State Assignment of Institute of General Pathology and Pathophysiology on the topic: «Assessment of the physiological balance of the body under the influence of extreme environmental factors» (FGFU-2025-0003).

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

Acknowledgments. The observation data used in writing the article were obtained during the 70th Russian Antarctic Expedition organized by the Arctic and Antarctic Research Institute (AARI). The authors express their deep gratitude to the expedition members for their comprehensive assistance in realizing research work, as well as to the staff of Institute of General Pathology and Pathophysiology for participating in control measurements.

Received: 17.09.2025.

Введение

Наблюдения за здоровьем человека в экстремальных условиях полярных экспедиций проводятся как в контексте расширения ареала мест жизнедеятельности человека на нашей планете, так и с прицелом на возможное освоение космического пространства. Большое внимание уделяется пси-

хическому здоровью людей при длительной социальной изоляции, являющейся серьёзным и неснижаемым риском, и, следовательно, сохранению умственной работоспособности. Обширный материал для анализа и обсуждения был получен на индийской исследовательской базе «Маитри» и на франко-итальянской станции «Конкордия» по результатам более чем годовичного пребывания на ледовом континенте.

Так, по данным индийских коллег ($n = 23$, мужчины и одна женщина, научный и логистический персонал), результаты выполнения тестов на внимание и концентрацию, измеряющие кратковременную память на цифры, были стабильны в течение длительного проживания в полярных условиях, тогда как результаты тестов на освоение задач, отсроченное распознавание и тестирование цифровых символов, оценивающих память распознавания и обучение, показали улучшение точности выполнения заданий [1].

Нейроструктурные, когнитивные, поведенческие, физиологические и психосоциальные изменения были изучены у 25 членов экипажа в течение двух годичных зимовок в Антарктике (2015/2016) на станции «Конкордия» [2]. Выявлено, что такая экстремальная среда вызывала определенный стресс, в основном в социальном измерении, но при этом активировала защитные механизмы, участвующие в психологической адаптации.

О возможных нейробиологических основах выявленных психофизиологических изменений свидетельствуют результаты структурной МРТ, полученные от участников этой экспедиции ($n = 4$, мужчины) и членов экипажа ($n = 25$), а также контрольной группы ($n = 13$). МРТ-сканирования были выполнены в исходном состоянии, после 12 месяцев пребывания на Конкордии, и через 6 месяцев после экспедиции. Было обнаружено, что у экипажей, зимовавших в Антарктиде, в отличие от контроля, сразу после их возвращения был уменьшен объём в нескольких подкорковых структурах в правом полушарии, включая таламус ($-1,03\%$), скорлупу ($-1,86\%$), бледный шар ($-5,27\%$), гиппокамп ($-0,96\%$), миндалевидное тело ($-2,97\%$) и прилежащее ядро ($-6,81\%$) [3]. Кроме того, через три месяца после начала зимовки у участников экспедиции было выявлено снижение в сыворотке крови BDNF [4], что, по мнению авторов исследования, опосредует влияние средовых факторов на объёмные изменения мозга.

Безусловно, стрессовые условия пребывания в Антарктиде отражаются и на функциональном состоянии систем вегетативного обеспечения когнитивной деятельности [5]. Так, по базовым показателям сердечно-сосудистой системы (частота сердечных сокращений, артериальное давление) и показателям вариабельности сердечного ритма исследователи разных групп делают вывод о возрастании симпатических влияний на сердечный ритм [6, 7] и артериальное давление [8].

Наблюдения за динамикой функциональных показателей участников антарктических экспедиций свидетельствуют о том, что первые сдвиги в психологическом статусе, состоянии регуляторных систем, энергетическом и пластическом метаболизме начинаются ещё до высадки на ледовом континенте, на пути к месту высадки [5, 8].

Целью нашего исследования было проследить динамику психофизиологических показателей и индикаторов состояния сердечно-сосудистой системы и её автономной регуляции за время морского перехода из Санкт-Петербурга к Антарктиде (станция Прогресс — база транспортных

внутриконтинентальных операций Российской антарктической экспедиции ФГБУ «ААНИИ»).

Материалы и методы исследования

В исследовании было две группы испытуемых: 1) участники 70-й Российской антарктической экспедиции (<https://www.aari.ru/press-center/news/novosti-aari/startovala-70-ya-rossiyskaya-antarkticheskaya-ekspeditsiya>) — «Экспедиция», 2) синхронный контроль — «Контроль». Участие в исследовании было основано на информированном согласии обследуемых лиц, и проведено в соответствии с международными (в том числе Хельсинкской декларации в редакции 2013 г.) и российскими нормативными документами о правовых и этических принципах проведения научных исследований с участием человека; заявка одобрена Комиссией по биоэтике МГУ имени М.В. Ломоносова (протокол заседания №166-д-з от 28.11.2024).

В группу Экспедиция входило 8 мужчин и 1 женщина (табл. 1). Период наблюдений был с 3 ноября по 8 декабря; все обследования проведены на корабле, до высадки на континент. Для облегчения оценки динамики показателей весь период наблюдения был разбит на 5 недельных интервалов. Недели 1–3 соответствовали переходу по северному полушарию, в середине 4-й недели был заход в порт Кейптаун. Измерения проводили по возможности ежедневно, для каждого участника экспедиции рассчитывали средние величины за неделю.

В данной группе тестирование психофизиологических показателей проводили с помощью программно-аппаратного комплекса «БиоМышь», модель KFP-01b (ООО НейроЛаб, Россия). Использовали тесты вариационной хроносометрии: простая зрительно-моторная реакция (ПЗМР), сложная зрительно-моторная реакция (СЗМР), тест на распределение внимания, реакция на движущиеся объекты (РДО). Во всех тестах оценивали время реакции и количество совершаемых ошибок. Динамика данных показателей уже была проанализирована нами ранее, с привлечением участников 68-й Российской антарктической экспедиции, на меньшей выборке [9].

Регистрацию сердечного ритма (СР) и его вариабельности (ВСР) проводили также на приборе «БиоМышь», методом вариационной пульсометрии. Длительность каждой регистрации составляла 90–120 с. Ранее мы также показали чувствительность параметров ВСР к условиям перехода к Антарктиде [10].

Оценивали следующие показатели ВСР:

- спектральные: общая мощность спектра (Total Power, TP), абсолютная (в мс^2) и относительная (в %) мощность диапазонов низких частот (Low Frequencies, LF) и высоких частот (High Frequencies, HF); мощность диапазона очень низких частот (Very Low Frequencies, VLF) рассчитывали, но в анализ не брали ввиду краткости регистрационных записей;

- геометрические: мода, амплитуда моды, вариационный размах, с расчётом индекса напряжения регуляторных систем (ИН), или стресс-индекса, и других показателей Баевского (ИБР, ПАПР, ВПР);
- статистические: RMSSD (квадратный корень из суммы разностей последовательности ряда кардиоинтервалов, мс), SDNN (среднеквадратическое отклонение ряда кардиоинтервалов, мс), pNN50% (процентное соотношение соседних R-R интервалов, различающихся минимум на 50 мс, %).

Регистрацию показателей артериального давления (АД) и частоты сердечных сокращений (ЧСС) проводили при помощи тонометра Omron R3 (Omron Healthcare Co. LTD, Япония). Оценивали: ЧСС, систолическое АД, диастолическое АД, пульсовое АД. Каждый раз проводили по три измерения, и в анализ брали усредненные величины.

Все исследования проводили в свободное от работы время, как правило во второй половине дня (15–21 час).

В контрольной группе было 7 женщин (табл. 1). Измерения проводили еженедельно, в период с октября по декабрь (для разных испытуемых даты не совпадали), в Москве. В данной группе проводили только регистрацию ВСП методом спиреокардиографии (приборный комплекс САКР, ООО «ИНТОКС», Россия), и измерение ЧСС и АД аускультативным методом, при помощи тонометра UA-777 (A&D Medical, Япония), однократно. Все измерения также проводили во второй половине дня.

Статистическую обработку результатов проводили с использованием статистического пакета GraphPad Prism 8.2.1. Наличие динамики показателей внутри групп оценивали при помощи непараметрического критерия Фридмана или параметрического Repeated Measures ANOVA (в зависимости от характера распределения выборок). Межгрупповые

различия в динамике показателей оценивали по алгоритму Repeated Measures ANOVA. Данные на рисунках и в таблице представлены как медиана с межквартильным размахом (Me; Q1–Q3) или как среднее со стандартной ошибкой $M \pm SE$ в зависимости от характера распределения выборок, на рисунках дополнительно приведены результаты измерений на каждой точке.

Результаты исследования

В группе Экспедиция в первые три недели обследования прошли все испытуемые. За данный период времени динамики психофизиологических показателей выявлено не было. В базовых параметрах сердечно-сосудистой системы обнаружено снижение ЧСС и тенденция к снижению пульсового АД (рис. 1). В показателях ВСП отмечена тенденция к снижению стресс-индекса (рис. 2).

Обследования во все пять недель путешествия прошли только четыре участника группы Экспедиция. На интервале 1–5 недель у этих людей мы выявили тенденцию к появлению запаздывания в реакции на движущийся объект (рис. 3). Ни по какому другому психофизиологическому показателю динамики обнаружено не было.

В базовых показателях сердечно-сосудистой системы выявлена тенденция к снижению ЧСС (рис. 1), в показателях ВСП — тенденция к возрастанию RMSSD (рис. 2).

Ни по одному из психофизиологических и физиологических показателей динамики между неделями 3 и 5 обнаружено не было.

В группе синхронного контроля исходно были зарегистрированы более низкие величины систолического АД, и, соответственно, более низкие значения пульсового АД (табл. 1). По другим показателям сердечно-сосудистой си-

Таблица 1.

Общая характеристика выборок (неделя 1).

Показатель	Экспедиция	Контроль	p (t или U)
Возраст, лет	37,1 ± 2,9	47,7 ± 6,0	0,109
Пол, n	8М + 1Ж	7Ж	—
ЧСС, уд/мин	74,6 ± 2,8	73,0 ± 3,2	0,702
TP, мс ²	2216 (1702; 2432)	1574 (752; 2215)	0,408
RMSSD, мс	28,6 (26,2; 38,7)	29,9 (12,6; 33,7)	0,408
ИН, у.е.	132,3 (87,3; 246,7)	164,2 (90,6; 416,2)	0,536
АД систолическое, мм рт.ст.	138,1 ± 4,9	118,1 ± 6,0	0,021
АД диастолическое, мм рт.ст.	84,5 ± 4,2	75,7 ± 3,7	0,150
Пульсовое АД, мм рт.ст.	53,5 ± 1,7	42,4 ± 3,1	0,005

Примечание. Уровень статистической значимости межгрупповых различий приведён по критерию Стьюдента или по критерию Манна-Уитни (в зависимости от характера распределения выборок). Жирным шрифтом выделены значения $p < 0,05$.

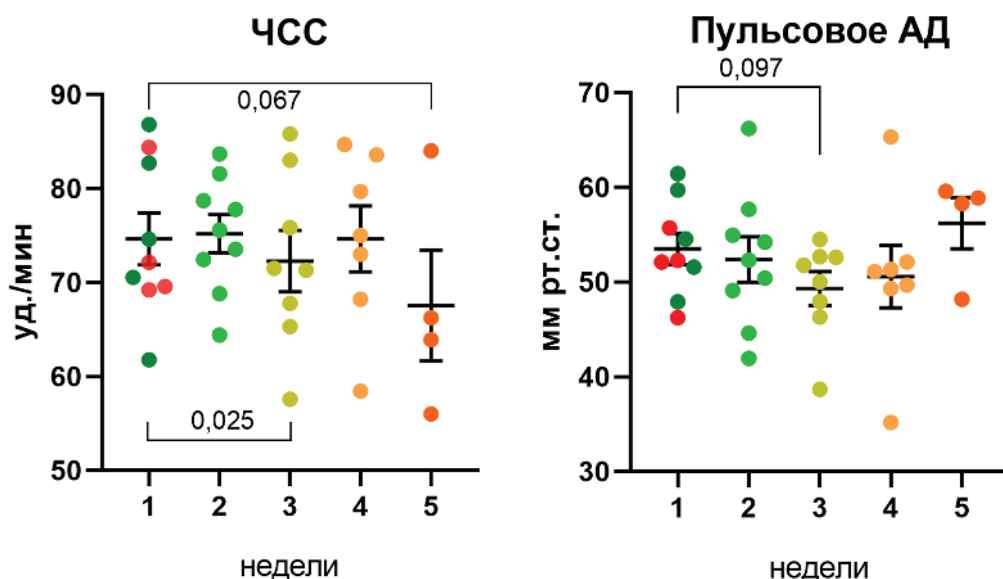


Рис. 1. Динамика (по недельным интервалам) базовых показателей сердечно-сосудистой системы участников антарктической экспедиции. Статистический анализ – Repeated Measures ANOVA, данные представлены как среднее с ошибкой ($M \pm SE$). При сравнении недель 1 и 3 $n = 9$, недель 1 и 5 – $n = 4$. На точке 1 (1-я неделя) красным выделены значения участников, участвовавших в измерениях на точке 5.

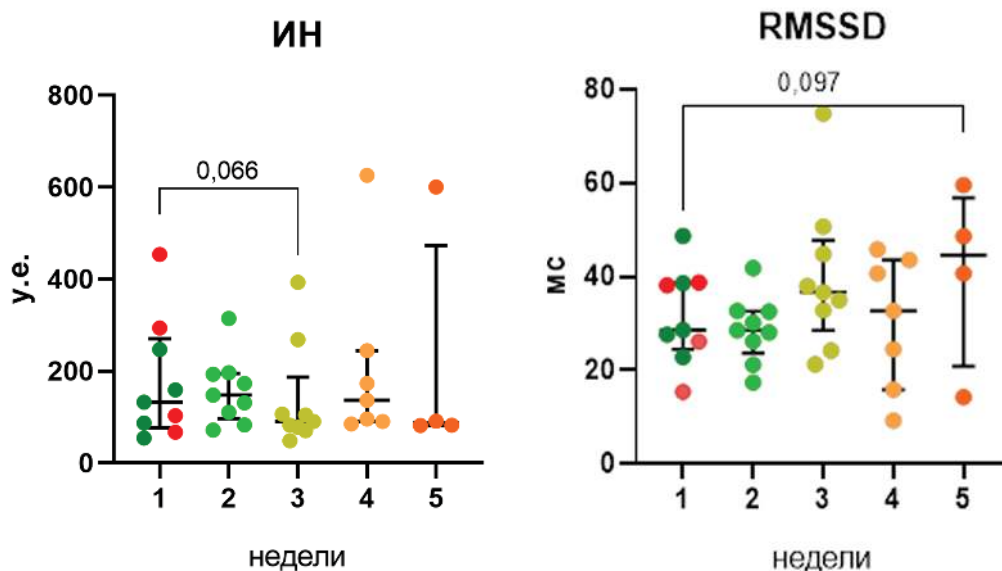


Рис. 2. Динамика (по недельным интервалам) показателей ВСП у участников антарктической экспедиции. Статистический анализ – по Фридману, данные представлены как медиана с межквартильным размахом ($Me; Q1-Q3$). Остальные обозначения – как на рис. 1.

системы отличий синхронного контроля от экспериментальной группы не было.

На временном интервале 1–3 недели в данной группе мы не увидели динамики ни по одному из оцениваемых показателей. Однако при сравнении динамики в группах Экспедиция и Контроль была обнаружена тенденция к наличию статистических различий по показателю RMSSD (табл. 2).

На временном интервале в пять недель в контрольной группе из показателей сердечно-сосудистой системы

была обнаружена только тенденция к снижению величины пульсового АД (табл. 3), при этом динамика данного показателя в группах Экспедиция и Контроль также имела тенденцию к различиям. Единственным показателем, чья динамика статистически значимо различалась в обеих группах, была величина RMSSD (табл. 3): в группе Экспедиция мы видели тенденцию к её возрастанию (рис. 2); тогда как в группе Контроль, при, казалось бы, снижении этой величины, не был достигнут даже уровень тенденции ($p = 0,156$).

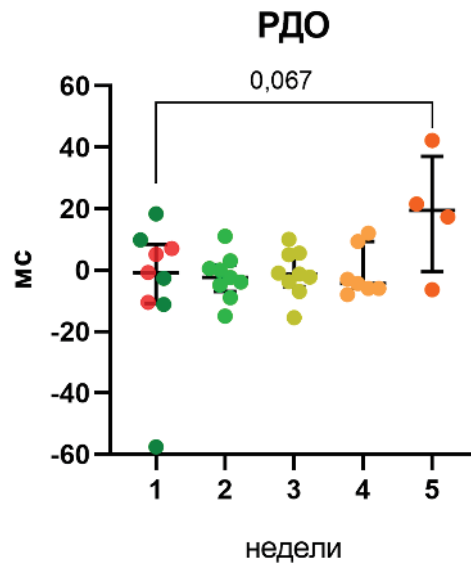


Рис. 3. Динамика (по недельным интервалам) времени реакции на движущийся объект (РДО) у участников антарктической экспедиции. Статистический анализ – Repeated Measures ANOVA, данные представлены как среднее с ошибкой ($M \pm SE$). Остальные обозначения – как на рис. 1.

Обсуждение

Проведенный анализ динамики психофизиологических показателей организма участников антарктической экспедиции показал их стабильность за время морского перехода к новому месту работы. Единственным исключением стало появление запаздывания в РДО — в решении относительно сложной задачи обработки сенсорного сигнала. Данная методика используется для оценки соотношения процессов возбуждения и торможения в центральной нервной системе [11]. Ранее, по материалам 68-й РАЭ, мы показали, что в такой экспедиции время РДО отличается минимальной вариабельностью при частых (почти ежедневных) тестированиях [9]. Это позволяет предположить, что в данном исследовании, во время 70-й РАЭ, морской переход оказался более утомительным.

Среди физиологических параметров единственным статистически значимым отличием участников экспедиции к Антарктиде от синхронного контроля оказался показатель

RMSSD, связываемый с уровнем активности парасимпатической нервной системы [12]. Мы обнаружили, что в Москве данный показатель менялся мало (с тенденцией к снижению в первые три недели), тогда как в условиях экспедиции была тенденция к его возрастанию. В работах зарубежных коллег отмечается двухфазная динамика данного показателя — снижение в первые две недели морского перехода к ледовому континенту, с последующим возрастанием к концу 4-й недели [5], что близко к нашим результатам. В условиях арктических экспедиций, по нашим данным, показатель RMSSD растёт первые два месяца [13], что также согласуется с результатами данного исследования. Данные, свидетельствующие о возрастании парасимпатической активности в арктических и антарктических экспедициях, согласуются с известными механизмами срочной адаптации организма человека к холоду при дайвинге в холодной воде [14] и в экспериментальных условиях холодной камеры [15].

Однако мы считаем важным отметить также динамические сдвиги на уровне статистической тенденции, поскольку

Таблица 2.

Динамика базовых показателей сердечно-сосудистой системы и ВСР в контрольной группе за три недели.

Показатель	Неделя 1	Неделя 3	p1 (1–3)	p2 (RM ANOVA)
ЧСС, уд/мин	73 ± 3,2	72,6 ± 3,4	0,868	0,233
RMSSD, мс	29,9 (12,6; 33,7)	19,3 (14,2; 21,5)	0,297	0,097
ИН, у.е.	164,2 (90,6; 416,2)	286,6 (248,5; 392,4)	0,812	0,748
Пулсовое АД, мм рт.ст.	42,4 ± 3,1	37,6 ± 4,1	0,150	0,638

Примечание. Статистический анализ: p1 – оценка наличия динамики показателей в контрольной группе по парному критерию Стьюдента или по критерию Вилкоксона (в зависимости от характера распределения выборок); p2 – сравнение динамики показателей контроля и группы экспедиции по Repeated Measures ANOVA.

Таблица 3.

Динамика базовых показателей сердечно-сосудистой системы и ВСР в контрольной группе за пять недель.

Показатель	Неделя 1	Неделя 5	p1 (1–5)	p2 (RM ANOVA)
ЧСС, уд/мин	73 ± 3,2	75,0 ± 3,4	0,601	0,153
RMSSD, мс	29,9 (12,6; 33,7)	16,1 (13,4; 19,9)	0,156	0,025
ИН, у.е.	164,2 (90,6; 416,2)	281,5 (175,2; 460,4)	0,812	0,815
Пulseсовое АД, мм рт.ст.	42,4 ± 3,1	33,9 ± 2,8	0,091	0,071

Примечание. Статистический анализ – как в табл. 2. Жирным шрифтом выделено значение $p < 0,05$.

ку при их игнорировании ошибка второго рода слишком велика. Так, мы отмечаем в первые три недели снижение ЧСС, с сохранением тенденции на следующие две недели. В работе бразильских коллег за время 26-дневного морского пути к Антарктиде обнаружено снижение уровня кортизола в слюне (в утренних пробах) [5], при неизменности ЧСС. С точки зрения физиологии это отражает снижение уровня стресса, и в определенных условиях может приводить к снижению ЧСС.

Аналогичная закономерность выявлена для показателя пульсового АД, который неявно снижался у участников антарктической экспедиции: в суровых условиях противоположного полушария, во время зимовки на дрейфующей полярной станции Северный Полюс 41, описано его статистически значимое снижение за первый месяц наблюдений [16], с одновременным снижением относительной мощности диапазона LF в спектрах ВСР и вариабельности систолического АД, что свидетельствует о снижении симпатических влияний на сердечно-сосудистую систему. Однако и в группе синхронного контроля за 5 недель

начала холодного сезона в средней полосе России отмечена аналогичная тенденция. Вероятно, это общая хронобиологическая закономерность адаптации организма человека к холодам. Вместе с тем, тенденция к снижению ИН в группе Экспедиция может быть признаком уменьшения стресса, характерного для периода подготовки к старту экспедиции, что на уровне физиологических показателей проявляется в сдвигах показателей симпатической регуляции сердечно-сосудистой системы.

Заключение

Полученные данные свидетельствуют о том, что в экспедиции к Антарктиде на этапе морского перехода к ледовому континенту психофизиологические показатели стабильны. Однако в этот период обнаруживаются первые признаки изменения в работе регуляторных систем организма в виде снижения симпатических влияний и, наоборот, возрастания активности парасимпатического звена автономной регуляции.

Список литературы

- Paul F.U.J., Mandal M.K., Ramachandran K., Panwar M.R. Cognitive performance during long-term residence in a polar environment. *J. Environ. Psychol.* 2010; 30(1): 129–132. DOI: 10.1016/j.jenvp.2009.09.007
- Nicolas M., Suedfeld P., Weiss K., Gaudino M. Affective, social, and cognitive outcomes during a 1-year wintering in Concordia. *Environ. Behav.* 2015; 48(8): 1073–1091. DOI: 10.1177/0013916515583551
- Roalf D., Basner M., Prabhakaran K., Dinges D.F., Stahn A., Nasrini J., McGuire S., Hermosillo E., Ecker A.J., Johannes B., Gerlach D.A., Gunga H.C., Melzer T., Taylor B., Elliott M., Bilker W.B., Gur R.C. *Neurostructural, cognitive, and physiologic changes during a 1-year Antarctic winter-over mission: neuroimaging results.* Conference paper, 2019. Available at: <https://www.researchgate.net/publication/337438228> Retrieved: 30.09.2025.
- Stahn A.C., Gunga H.C., Kohlberg E., Gallinat J., Dinges D.F., Kühn S. Brain changes in response to long Antarctic expeditions. *N. Engl. J. Med.* 2019; 381(23): 2273–2275. DOI: 10.1056/NEJMc1904905
- Moraes M.M., Bruzzi R.S., Martins Y.A.T., Mendes T.T., Maluf C.B., Ladeira R.V.P., Núñez-Espinosa C., Soares D.D., Wanner S.P., Arantes R.M.E. Hormonal, autonomic cardiac and mood states changes during an Antarctic expedition: From ship travel to camping in Snow Island. *Physiol. Behav.* 2020; 224: 113069. DOI: 10.1016/j.physbeh.2020.113069
- Кальниш В.В., Пишнов Г.Ю., Моисеенко С.В., Опанасенко В.В., Алексеева Л.М., Висоцька Л.Г. Особливості регуляції ритму серця при адаптації людини до умов Антарктики. *Фізіол. журн.* 2016; 62(3): 20–29. DOI: 10.15407/fz62.03.020
- Maggioni M.A., Merati G., Castiglioni P., Mendt S., Gunga H.C., Stahn A.C. Reduced vagal modulations of heart rate during overwintering in Antarctica. *Sci. Rep.* 2020; 10(1): 21810. DOI: 10.1038/s41598-020-78722-3
- Harinath K., Malhotra A.S., Pal K., Prasad R., Kumar R., Sawhney R.C. Autonomic nervous system and adrenal response to cold in man at Antarctica. *Wilderness Environ. Med.* 2005; 16(2): 81–91. DOI: 10.1580/pr30-04.1. PMID: 15974257
- Кутузова И.А., Котенев А.В., Панкова Н.Б., Ратманова П.О. Динамика психофизиологических показателей у участников Российской Антарктической экспедиции. *Патогенез.* 2024; 22(1): 73–80. DOI: 10.25557/2310-0435.2024.01.73-80
- Кутузова И.А., Котенев А.В., Панкова Н.Б., Ратманова П.О. Динамика показателей вариабельности сердечного ритма у участников

- Российской Антарктической экспедиции. *Патогенез*. 2024; 22(3): 75–82. DOI: 10.25557/2310-0435.2024.03.75-82
11. Полевщиков М.М., Дорогова Ю.А., Рожнецов В.В. Оценка реакции на движущийся объект. *Здоровье образование в XXI веке*. 2017; 19(7): 34–36.
 12. Heart rate variability. Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. *Eur. Heart J.* 1996; 17(3): 354–381.
 13. Панкова Н.Б., Буйнов Р.П., Фильчук К.В., Черепов А.Б., Кутузова И.А., Котенев А.В., Ратманова П.О., Карганов М.Ю. *Современные подходы к изучению адаптации человека к экстремальным климатическим условиям Арктики и Антарктики*. В сб.: Теоретические и прикладные аспекты естественнонаучного образования. Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 190-летию со дня рождения Д.И. Менделеева. Отв. О.С. Индейкина. Чебоксары, 16 мая 2024 г. Чебоксары, Чуваш. Гос. Пед. Ун-т, 2024: 271–277.
 14. Lundell R.V., Ojanen T. A systematic review of HRV during diving in very cold water. *Int. J. Circumpolar Health*. 2023; 82(1): 2203369. DOI: 10.1080/22423982.2023.2203369
 15. Дёмин Д.Б. Сердечно-сосудистые реакции на общее холодовое воздействие у людей с различным вегетативным тонусом. *Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях*. 2022; 2: 93–99. DOI: 10.25016/2541-7487-2022-0-2-93-99
 16. Pankova N.B., Buynov R.P., Filchuk K.F., Alchinova I.B., Cherepov A.B., Karganov M.Yu. Dynamics of Indicators of the Cardiovascular System and its Autonomic Regulation during Overwintering in the Arctic. *Univ. J. Public Health*. 2024; 12(4): 717–729. DOI: 10.13189/ujph.2024.120411

References

1. Paul F.U.J., Mandal M.K., Ramachandran K., Panwar M.R. Cognitive performance during long-term residence in a polar environment. *J. Environ. Psychol.* 2010; 30(1): 129–132. DOI: 10.1016/j.jenvp.2009.09.007
2. Nicolas M., Suedfeld P., Weiss K., Gaudino M. Affective, social, and cognitive outcomes during a 1-year wintering in Concordia. *Environ. Behav.* 2015; 48(8): 1073–1091. DOI: 10.1177/0013916515583551
3. Roalf D., Basner M., Prabhakaran K., Dinges D.F., Stahn A., Nasrini J., McGuire S., Hermosillo E., Ecker A.J., Johannes B., Gerlach D.A., Gunga H.C., Melzer T., Taylor B., Elliott M., Bilker W.B., Gur R.C. *Neurostructural, cognitive, and physiologic changes during a 1-year Antarctic winter-over mission: neuroimaging results*. Conference paper, 2019. Available at: <https://www.researchgate.net/publication/337438228> Retrieved: 30.09.2025.
4. Stahn A.C., Gunga H.C., Kohlberg E., Gallinat J., Dinges D.F., Kühn S. Brain changes in response to long Antarctic expeditions. *N. Engl. J. Med.* 2019; 381(23): 2273–2275. DOI: 10.1056/NEJMc1904905
5. Moraes M.M., Bruzzi R.S., Martins Y.A.T., Mendes T.T., Maluf C.B., Ladeira R.V.P., Núñez-Espinosa C., Soares D.D., Wanner S.P., Arantes R.M.E. Hormonal, autonomic cardiac and mood states changes during an Antarctic expedition: From ship travel to camping in Snow Island. *Physiol. Behav.* 2020; 224: 113069. DOI: 10.1016/j.physbeh.2020.113069
6. Kalnish V.V., Pyshnov G.Y., Moiseyenko E.V., Opanasenko V.V., Alekseyeva L.M., Vysotska L.G. Heart rate regulation during adaptation to conditions in Antarctica. *Fiziol. Zh. (1994)*. 2016; 62(3): 20–29. DOI: 10.15407/fz62.03.020 (in Ukrainian)
7. Maggioni M.A., Merati G., Castiglioni P., Mendt S., Gunga H.C., Stahn A.C. Reduced vagal modulations of heart rate during overwintering in Antarctica. *Sci. Rep.* 2020; 10(1): 21810. DOI: 10.1038/s41598-020-78722-3
8. Harinath K., Malhotra A.S., Pal K., Prasad R., Kumar R., Sawhney R.C. Autonomic nervous system and adrenal response to cold in man at Antarctica. *Wilderness Environ. Med.* 2005; 16(2): 81–91. DOI: 10.1580/pr30-04.1. PMID: 15974257
9. Kutuzova I.A., Kotenev A.V., Pankova N.B., Ratmanova P.O. [Dynamics of psychophysiological indicators in participants of the Russian Antarctic expedition]. *Patogenez [Pathogenesis]*. 2024; 22(1): 73–80. DOI: 10.25557/2310-0435.2024.01.73-80 (in Russian)
10. Kutuzova I.A., Kotenev A.V., Pankova N.B., Ratmanova P.O. [Dynamics of heart rate variability indicators in participants of the Russian Antarctic expedition]. *Patogenez [Pathogenesis]*. 2024; 22(3): 75–82. DOI: 10.25557/2310-0435.2024.03.75-82 (in Russian)
11. Polevshchikov M.M., Dorogova Yu.A., Rozhentsov V.V. [Evaluation of reaction to a moving object]. *Zdorov'ye i obrazovaniye v XXI veke [Health and Education in the 21st Century]*. 2017; 19(7): 34–36. (in Russian)
12. Heart rate variability. Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. *Eur. Heart J.* 1996; 17(3): 354–381.
13. Pankova N.B., Buynov R.P., Filchuk K.V., Cherepov A.B., Kutuzova I.A., Kotenev A.V., Ratmanova P.O., Karganov M.Yu. [Modern approaches to the study of human adaptation to extreme climatic conditions of the Arctic and Antarctic]. In: Theoretical and applied aspects of natural science education. Materials of the All-Russian scientific and practical conference dedicated to the 190th anniversary of the birth of D.I. Mendeleev. Rev. O.S. Turkey meat. Cheboksary, May 16, 2024 Cheboksary, Chuvash. State Pedagogical University Univ., 2024: 271–277. (in Russian)
14. Lundell R.V., Ojanen T. A systematic review of HRV during diving in very cold water. *Int. J. Circumpolar Health*. 2023; 82(1): 2203369. DOI: 10.1080/22423982.2023.2203369
15. Demin D.B. [Cardiovascular response to whole-body cold exposure in humans with different initial autonomic tone]. *Mediko-biologicheskiye i sotsial'no-psikhologicheskiye problemy bezopasnosti v chrezvychaynykh situatsiyakh [Medico-Biological and Socio-Psychological Problems of Safety in Emergency Situations]*. 2022; 2: 93–99. DOI: 10.25016/2541-7487-2022-0-2-93-99 (in Russian)
16. Pankova N.B., Buynov R.P., Filchuk K.F., Alchinova I.B., Cherepov A.B., Karganov M.Yu. Dynamics of Indicators of the Cardiovascular System and its Autonomic Regulation during Overwintering in the Arctic. *Univ. J. Public Health*. 2024; 12(4): 717–729. DOI: 10.13189/ujph.2024.120411

Сведения об авторах:

Панкова Наталия Борисовна — доктор биологических наук, доцент, главный научный сотрудник лаборатории физико-химической и экологической патофизиологии Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Научно-исследовательский институт общей патологии и патофизиологии»; <https://orcid.org/0000-0002-3582-817X>

Кутузова Ирина Алексеевна — кандидат биологических наук, младший научный сотрудник кафедры общего земледелия и агроэкологии факультета почвоведения Федерального государственного бюджетного об-

разовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»; <https://orcid.org/0000-0002-0993-493X>

Котенев Алексей Валерьевич — научный сотрудник кафедры высшей нервной деятельности биологического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»

Ратманова Патриция Олеговна — кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник кафедры высшей нервной деятельности биологического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»; <https://orcid.org/0000-0003-0354-5527>

Карганов Михаил Юрьевич — доктор биологических наук, профессор, главный научный сотрудник, и.о. заведующего лабораторией физико-химической и экологической патофизиологии Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Научно-исследовательский институт общей патологии и патофизиологии»; <https://orcid.org/0000-0002-5862-8090>