

Читать  
онлайн  
Read  
onlineМартынова А.А.<sup>1,2</sup>, Пряничников С.В.<sup>2</sup>

## Функциональное состояние организма работников, занятых на горнорудном производстве в условиях Арктической зоны

<sup>1</sup>Научно-исследовательская лаборатория ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья», 184250, Кировск, Россия;

<sup>2</sup>ФГБУН «Научно-исследовательский центр медико-биологических проблем адаптации человека в Арктике – филиал ФГБУН «Федеральный исследовательский центр "Кольский научный центр" Российской академии наук», 184209, Апатиты, Россия

### РЕЗЮМЕ

**Введение.** Функциональное состояние и адаптационный потенциал работников, занятых на предприятиях горнодобывающего комплекса в условиях Арктических территорий, зависят не только от влияния вредных производственных факторов среды и специфических природно-климатических условий, но и от возраста и стажа работы в во вредных и опасных условиях труда. Оценка влияния стажа работы на состояние здоровья работников для сохранения и укрепления здоровья трудящихся на горнорудных предприятиях, снижения профессиональных рисков остаётся актуальной задачей.

**Материалы и методы.** Поперечное исследование проведено на базе горно-обогатительного комбината по добыче лопаритовой руды в Мурманской области. В исследовании участвовал 231 работник мужского пола. Оценивали кардиогемодинамические и соматометрические показатели, на основе которых были рассчитаны интегративные показатели функциональных изменений. Обследуемые были ранжированы по стажу работы и возрасту и распределены по группам.

**Результаты.** Анализ соматометрических показателей выявил достоверные межгрупповые различия в зависимости от стажа работы по индексу массы тела, индексу физических изменений, артериальному давлению и частоте сердечных сокращений. Анализ вариабельности ритма сердца показал, что с увеличением стажа работы происходит однонаправленное негативное изменение временных показателей и волновой структуры ритма сердца в сторону подавления активности автономного контура регуляции с усилением симпатических влияний на сердечный ритм.

**Ограничения исследования.** Затруднённый доступ к медицинской информации и опасения работников участвовать в исследовании из-за страха увольнения по состоянию здоровья.

**Заключение.** С увеличением стажа работы у работников горнорудного производства в Арктической зоне Российской Федерации комплексно проявляются негативные изменения функционального состояния организма: избыточная масса тела, повышение артериального давления, возрастание индекса функциональных изменений. Усиление симпатического влияния на ритм сердца с подавлением процессов саморегуляции выражается в напряжении регуляторных механизмов, что приводит к снижению адаптационного потенциала и развитию преморбидного состояния.

**Ключевые слова:** горнорудное производство; адаптационный потенциал; функциональное состояние; Арктическая зона; стаж работы

**Соблюдение этических стандартов.** Исследование выполнено с соблюдением норм и правил биомедицинской этики, представленных в Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации об этических принципах проведения медицинских исследований (2013 г.). Получено заключение комитета по этике при больнице КНЦ РАН о возможности проведения исследования (№ 163 от 2013 г.).

**Для цитирования:** Мартынова А.А., Пряничников С.В. Функциональное состояние организма работников, занятых на горнорудном производстве в условиях Арктической зоны. *Гигиена и санитария*. 2024; 103(8): 857–863. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2024-103-8-857-863> <https://elibrary.ru/nnvfaf>

**Для корреспонденции:** Пряничников Сергей Васильевич, ст. науч. сотр. ФГБУН «НИЦ медико-биологических проблем адаптации человека в Арктике – филиал ФГБУН ФИЦ «Кольский научный центр РАН», 184209, Апатиты. E-mail: s.pryanichnikov@ksc.ru

**Участие авторов:** Мартынова А.А. – концепция и дизайн исследования, сбор материала и обработка данных, статистическая обработка, написание текста; Пряничников С.В. – сбор материала и обработка данных, написание текста, статистическая обработка, редактирование, оформление статьи. *Все соавторы* – утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи.

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

**Финансирование.** Исследование не имело финансовой поддержки.

Поступила: 03.05.2024 / Принята к печати: 19.06.2024 / Опубликовано: 10.09.2024

Alla A. Martynova<sup>1,2</sup>, Sergey V. Pryanichnikov<sup>2</sup>

## The functional state of the body in workers engaged in mining in the Arctic zone

<sup>1</sup>NorthWest Public Health Research Center, Kirovsk, 184250, Russian Federation;

<sup>2</sup>Barents Centre of the Humanities – Branch of the Federal Research Centre Kola Science of the Russian Academy of Sciences, Apatity, 184209, Russian Federation

### ABSTRACT

**Introduction.** The functional state and adaptive potential in workers employed at mining enterprises in the Arctic territories are influenced both harmful environmental factors and specific climatic conditions, age and work experience in contact with harmful working conditions. Assessing the impact of work experience on the health in employees to reduce occupational risks and prospects for preserving and strengthening the health of workers at mining enterprises remains an extremely relevant and timely task.

**Materials and methods.** A cross-sectional study of workers was based on a mining and processing plant for the extraction of loparite ore in the Murmansk region. Two hundred one male employee participated in the study. Cardiohemodynamic and somatometric indices were evaluated, on the basis of which integrative indices for assessing functional changes were calculated. The subjects were ranked into groups by work time and age.

**Results.** The analysis of somatometric indices, depending on work experience, revealed significant intergroup differences in body mass index, index of physical changes, blood pressure and heart rate. The analysis of heart rate variability showed that with an increase in work experience, there is a unidirectional, negative

change in time indices and the wave structure of the heart rhythm towards suppressing the activity of the autonomous regulation circuit with an increased contribution of sympathetic influences on the heart rate.

**Limitations.** Difficult access to medical information and employees' fears of participating in the study due to fear of dismissal for health reasons.

**Conclusion.** With an increase in work experience, negative changes in the functional state of the body of mining workers in the Arctic zone of the Russian Federation are comprehensively manifested (overweight, an increase in the index of functional changes, an increase in blood pressure). The increased influence of sympathetic influences on the heart rhythm, with the suppression of self-regulation processes, is reflected in the tension of regulatory mechanisms leading to a decrease in adaptive potential and the development of a premonitory state.

**Keywords:** mining production; adaptive potential; functional status; Arctic zone; work experience

**Compliance with ethical standards.** The study was carried out in compliance with the norms and rules of biomedical ethics presented in the Helsinki Declaration of the World Medical Association on Ethical Principles of Medical Research (2013). The conclusion of the Ethics Committee at the hospital of the Federal Research Centre "Kola Science of the Russian Academy of Sciences on the possibility of conducting research No. 163 from 2013 was received.

**For citation:** Martynova A.A., Pryanichnikov S.V. The functional state of the body in workers engaged in mining in the Arctic zone. *Gigiena i Sanitariya / Hygiene and Sanitation, Russian journal.* 2024; 103(8): 857–863. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2024-103-8-857-863> <https://elibrary.ru/nnvfaf> (In Russ.)

**For correspondence:** Sergey V. Pryanichnikov, senior researcher, Barents Centre of the Humanities – Branch of the Federal Research Centre Kola Science of the Russian Academy of Sciences, Apatity, 184209, Russian Federation. E-mail: s.pryanichnikov@ksc.ru

**Contribution:** Martynova A.A. – the concept and design of the study, the collection of material and data processing, statistical processing, writing the text; Pryanichnikov S.V. – material collection and data processing, text writing, statistical processing, editing, article design. 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.

**Acknowledgement.** The study had no sponsorship.

Received: May 3, 2024 / Accepted: June 19, 2024 / Published: September 10, 2024

## Введение

Мурманская область считается одним из наиболее промышленно развитых регионов Арктической зоны Северо-Западного федерального округа. К приоритетным относятся горнодобывающие предприятия и обогатительные комплексы. Работники, занятые на предприятиях горнодобывающей промышленности, подвергаются воздействию комплекса вредных производственных факторов среды (шум, вибрация, микроклимат, неблагоприятные эргометрические параметры), способствующих формированию функциональных нарушений, ослаблению адаптационного потенциала и развитию преморбидных состояний [1–7]. Наряду с производственными факторами на функциональное состояние работников горнорудных предприятий оказывают влияние специфические природно-климатические условия арктических территорий (контрастная фотопериодика, холодовой фактор, негативное влияние гелиогеомагнитных возмущений). Проведённые ранее исследования адаптационных возможностей человека к условиям высоких широт, показали изменённую работу всех систем, включая липидный обмен, функции внешнего дыхания, нервной, эндокринной, иммунной и сердечно-сосудистой систем, развитие синдрома полярного напряжения [8–12]. Также одним из факторов, влияющих на адаптационный потенциал работников, были возраст и стаж работы во вредных условиях труда [13]. Возрастные работающие составляли группу, требующую специального внимания с точки зрения геронтогигиены [14]. Постепенная потеря физиологической целостности с возрастом усиливает восприимчивость организма к физическим, экзогенным факторам труда, что снижает функциональные возможности [15]. Оценка влияния стажа работы на состояние здоровья, снижение профессиональных рисков и улучшение перспектив сохранения и укрепления здоровья трудящихся на горнорудных предприятиях региона остаётся чрезвычайно актуальной и своевременной задачей. Социальной оценкой достигнутой адаптации организма человека к среде обитания можно назвать высокую производительность труда, которая в стратегически важном регионе Российской Федерации является одним из приоритетных направлений развития Арктической зоны Российской Федерации [16].

Решение поставленной в исследовании задачи позволит определить возрастные группы трудоспособного населения, наиболее подверженные воздействию неблагоприятных факторов эндогенного и экзогенного характера. Станет возможным реализовать на основе здоровьесберегающих технологий мероприятия для улучшения функционального состояния работающих, разработать стратегии повышения

производительности труда, улучшения качества и продолжительности жизни в Арктике.

**Цель исследования** – выявление преморбидных изменений у работников горнорудного производства в зависимости от стажа работы для коррекции их образа жизни и предотвращения развития клинической патологии.

## Материалы и методы

Поперечное исследование проведено на базе горнообогатительного комбината по добыче лопаритовой руды в Мурманской области. В исследовании приняли участие работники горнорудного производства ( $n = 231$ , мужчины, средний возраст  $42,03 \pm 12,39$  года, стаж  $13,4 \pm 11,49$  года), постоянно проживающие на территории Мурманской области. Критерии включения: мужской пол, 1-я либо 2-я группа здоровья, вредные условия труда (шум, вибрация, пыль), добровольное согласие. Критерии исключения: отсутствие болезни в острой стадии течения и обострений хронических патологий, отказ от участия в исследовании. Все участники исследования были ознакомлены с его целью, методами и условиями проведения, подписали добровольное информированное согласие.

Использовались следующие кардиогемодинамические и соматометрические показатели: артериальное давление систолическое и диастолическое ( $АД_{сисст}$ ,  $АД_{диаст}$ , мм рт. ст.), частота сердечных сокращений (ЧСС, уд. в 1 мин), рост (см), масса тела (кг), возраст (лет). На основе полученных данных оценивали индекс функциональных изменений (ИФИ, баллы) и индекс массы тела (ИМТ, баллы) [17, 18].

Функциональное состояние организма работающих оценивали по показателям вариабельности ритма сердца (ВРС) на программно-аппаратном комплексе «Омега-М» (Dynamec Technologies, Санкт-Петербург) в соответствии со стандартами Европейского общества кардиологов [19–21]. Для исключения недостоверной интерпретации усреднённой оценки индикаторов ВРС оценивали индивидуально-типологические особенности вегетативной регуляции ритма сердца [22].

При определении особенностей функционального состояния обследуемые были ранжированы и разделены на группы в зависимости от стажа работы: до 3 лет, 3–5 лет, 6–10 лет, 11–20 лет, 21–30 лет, 30 лет и более (табл. 1).

Для статистического анализа использовали программные пакеты Statistica 10.0 (ГВСО, США), Microsoft Excel (Microsoft, США). Оценку значимости различий количественных показателей в сравниваемых группах рассчитывали по  $U$ -критерию Манна – Уитни для сравнения

Таблица 1 / Table 1

**Стажевое ранжирование работников горноурядного производства**

**Work experience ranking of mining workers**

Группа / Group	N, человек / N, men	Возраст, лет / Age, years	Стаж, лет / Work experience, years
1	40	34.62 ± 1.93	до / up to 3
2	20	35.88 ± 2.79	3–5
3	56	35.13 ± 1.22	6–10
4	51	42.40 ± 1.04	11–20
5	34	50.14 ± 1.17	21–30
6	29	59.85 ± 0.82	30 и более / and more

независимых выборок, при  $p \leq 0,05$  различия считали значимыми. Данные представлены в виде средней арифметической и стандартной ошибки ( $M \pm m$ ).

**Результаты**

В исследованиях, проведённых нами ранее, показано, что комплексное влияние условий труда горнорабочих выражалось в истощении адаптационных резервов, вегетативной дисфункции (повышении индексов напряжения, снижении ВРС), возможным развитием которой может быть срыв адаптационных возможностей и механизмов поддержки гомеостаза [20, 23]. Анализ соматометрических показателей выявил достоверные межгрупповые различия в зависимости от стажа работы по показателям ИМТ, ИФИ, АД (табл. 2).

Сравнительный анализ ИМТ показал, что избыточная масса тела (предожирение) регистрировалась во всех обследуемых группах. Этот фактор неблагоприятным образом влиял на развитие сопутствующей патологии (гипертоническая болезнь, атеросклероз, сахарный диабет) [24].

Артериальное давление (АД<sub>сист.</sub>, АД<sub>диаст.</sub>) соответствовало возрастной динамике (повышение) и имело достоверные различия во всех группах сравнения [25]. Показатели ИФИ свидетельствовали об удовлетворительном адаптационном потенциале обследуемых за исключением групп 5 и 6, в которых было особенно выражено напряжение механизмов адаптации.

Одним из наиболее чувствительных методов оценки регуляторных механизмов организма человека является определение variability ритма сердца (ВРС). При этом активность парасимпатической нервной системы (ПНС) – автономного контура регуляции – рассматривается как показатель восстановления использованных ресурсов организма [26].

Анализ данных ВРС показал однонаправленное изменение временных показателей во всех обследуемых группах. Временные показатели (SDNN – суммарный эффект вегетативной регуляции кровообращения, NN50 (мс) – число пар кардиоинтервалов с разностью более 50 мс, рNN 50% – показатель степени преобладания парасимпатического звена регуляции над симпатическим (относительное значение), RMSSD – активность парасимпатического звена вегетативной регуляции), отражающие влияние парасимпатического звена саморегуляции вегетативной нервной системы (ВНС), были ниже пороговых значений во всех обследуемых группах. Низкие значения временных показателей ВРС в группах 4–6 (работники со стажем от 10 лет и более) указывали на более выраженное подавление активности автономного контура и усиление вклада симпатической регуляции сердечного ритма (достоверные различия  $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ) (табл. 3).

Оценка волновой структуры ритма сердца (HF – уровень активности парасимпатического звена вегетативной регуляции, LF – уровень активности вазомоторного центра, VLF – уровень активности симпатического звена вегетативной регуляции) показала: частотные показатели расположены ниже нормативных значений (HF 975 ± 203 мс<sup>2</sup>; LF 1170 ± 416 мс<sup>2</sup>; VLF 1782 ± 965 мс<sup>2</sup>); однонаправленный характер изменений выражается в снижении показателя в зависимости от продолжительности (стажа) работы ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ). Снижение показателей высокочастотного компонента (HF) в группах 1–3 и резкое снижение в группах 4–6, волнообразное изменение низкочастотного компонента (LF) между группами 1–3 и 4–6 (достоверность различий  $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ) и волнообразное изменение очень медленного (низкочастотного) компонента (VLF) между группами 1–3 и 4–6 (достоверность различий  $p \leq 0,05$ ). Такая картина свидетельствует о напряжении механизмов регуляции, доминировании симпатического звена и превалировании центральной регуляции в организации ритма сердца. Следствием этого было значительное снижение общего спектра

Таблица 2 / Table 2

**Зависимость соматометрических и кардиогемодинамических показателей от стажа работы**

**Somatometric and cardiohemodynamic indicators of employees, distributed depending on the length of service**

Показатель / Indices	Группа / Group						Достоверные различия / Significant differences
	1 n = 40	2 n = 20	3 n = 56	4 n = 51	5 n = 34	6 n = 29	
Индекс массы тела, баллы / Body mass index, points	25.50 ± 0.65	25.25 ± 0.66	24.76 ± 0.47	26.43 ± 0.54	28.41 ± 0.62	27.28 ± 0.71	$p_{2-3}^*$ , $p_{1-4}^{**}$ , $p_{1-6}^*$ , $p_{2-6}^*$ , $p_{3-6}^*$
Индекс функциональных изменений, баллы / Index of functional changes, points	2.27 ± 0.06	2.37 ± 0.08	2.35 ± 0.04	2.56 ± 0.05	2.71 ± 0.05	2.94 ± 0.06	$p_{1-3}^{**}$ , $p_{2-4}^*$ , $p_{3-4}^{**}$ , $p_{1-5}^{**}$ , $p_{2-5}^{**}$ , $p_{3-5}^{**}$ , $p_{4-5}^*$ , $p_{1-6}^{**}$ , $p_{2-6}^{**}$ , $p_{3-6}^{**}$ , $p_{4-6}^{**}$ , $p_{5-6}^{**}$
Систолическое артериальное давление, мм рт. ст. / Systolic blood pressure, mmHg	118.37 ± 1.15	121.25 ± 2.35	121.83 ± 1.16	125.39 ± 1.40	126.17 ± 1.73	128.45 ± 1.55	$p_{1-4}^*$ , $p_{2-4}^*$ , $p_{3-4}^*$ , $p_{1-5}^{**}$ , $p_{2-5}^{**}$ , $p_{3-5}^*$ , $p_{1-6}^{**}$ , $p_{2-6}^{**}$ , $p_{3-6}^{**}$
Диастолическое артериальное давление, мм рт. ст. / Diastolic blood pressure, mmHg	78.75 ± 1.25	80.25 ± 1.47	81.25 ± 0.93	82.84 ± 2.12	84.85 ± 1.28	88.1 ± 1.35	$p_{1-4}^{**}$ , $p_{1-5}^{**}$ , $p_{2-5}^*$ , $p_{3-5}^*$ , $p_{1-6}^{**}$ , $p_{2-6}^{**}$ , $p_{3-6}^{**}$
Частота сердечных сокращений, уд. в 1 мин / Heart rate, bpm	80.02 ± 1.91	81.55 ± 3.19	79.50 ± 1.67	82.35 ± 1.66	81.82 ± 1.99	83.21 ± 2.39	Нет / No

Примечание. Здесь и в табл. 3, 4: достоверность различий по тесту Манна–Уитни между группами: \* –  $p \leq 0,05$ ; \*\* –  $p \leq 0,001$ .  
Note. Here and in tabl 3, 4: Significance of differences according to the Mann–Whitney test: \* –  $p \leq 0,05$ ; \*\* –  $p \leq 0,001$ .

Таблица 3 / Table 3

**Показатели временного анализа ритма сердца работников в зависимости от стажа**  
**Indices of the time analysis of the heart rate in employees, depending on the length of service**

Показатель Indices	Группа / Group						Достоверные различия Significant differences
	1 n = 40	2 n = 20	3 n = 56	4 n = 51	5 n = 34	6 n = 29	
RRNN, мс (ms)	762.70 ± 18.16	749.08 ± 25.60	768.65 ± 16.59	738.26 ± 13.97	743.13 ± 17.72	734.59 ± 21.388	Нет / No
SDNN, мс (ms)	41.62 ± 2.75	41.68 ± 3.55	42.34 ± 2.19	34.75 ± 2.36	30.47 ± 1.81	27.85 ± 2.87	$p_{3-4}^{**}, p_{1-5}^{**}, p_{2-5}^{**}, p_{3-5}^{**}, p_{1-6}^{**}, p_{2-6}^{**}, p_{3-6}^{**}, p_{4-6}^{**}$
NN50, мс (ms)	28.52 ± 6.78	34.90 ± 8.27	27.91 ± 4.13	12.00 ± 4.23	2.91 ± 0.95	4.9 ± 2.05	$p_{1-4}^{**}, p_{3-4}^{**}, p_{3-4}^{**}, p_{1-5}^{**}, p_{2-5}^{**}, p_{3-5}^{**}, p_{4-5}^{**}, p_{1-6}^{**}, p_{2-6}^{**}, p_{3-6}^{**}, p_{4-6}^{**}$
pNN50, мс (ms)	9.79 ± 2.33	11.95 ± 2.83	9.54 ± 1.41	4.13 ± 1.48	0.99 ± 0.33	1.67 ± 0.7	$p_{1-4}^{**}, p_{2-4}^{**}, p_{3-4}^{**}, p_{1-5}^{**}, p_{2-5}^{**}, p_{3-5}^{**}, p_{4-5}^{**}, p_{1-6}^{**}, p_{2-6}^{**}, p_{3-6}^{**}$
RMSSD, мс (ms)	29.82 ± 3.27	32.00 ± 3.72	29.43 ± 2.14	19.71 ± 2.33	14.37 ± 1.05	15.4 ± 2.23	$p_{2-4}^{**}, p_{3-4}^{**}, p_{1-4}^{**}, p_{2-5}^{**}, p_{3-5}^{**}, p_{1-6}^{**}, p_{2-6}^{**}, p_{3-6}^{**}$

мощности (TP) во всех группах (норма  $3466 \pm 1018$  мс<sup>2</sup>), особенно в группах 4–6, что показывало истощение резервов вегетативной регуляции миокарда. Во всех обследуемых группах отмечено нарушение баланса в звеньях регуляции ритма сердца, выражающееся в отношении показателей LF/HF (достоверные различия в группах 2, 3 и 4–6) (табл. 4).

Для определения типов вегетативной регуляции ритма сердца обследуемые работники были разделены на группы в зависимости от преобладающего влияния контуров регуляции сердечного ритма (рис. 1) [22].

Из рисунка видно, что у 74% обследуемых работников преобладает умеренный и выраженный симпатический тип регуляции сердечного ритма [УПЦР (I), ВПЦР (II)] с приоритетным влиянием центрального контура регуляции. При

этом наблюдался дисбаланс управляющей системы с подавлением процессов саморегуляции. У 22% обследуемых ярко выражена активность центрального контура регуляции, что проявляется в энергозатратной модели регуляторных процессов и возможном риске развития патологии сердечно-сосудистой системы (ССС). Оптимальный тип регуляции ритма сердца с умеренным преобладанием парасимпатической активности [УПАР (III)] был выявлен лишь у 26% работников.

В зависимости от стажа работы произведено ранжирование горнорабочих по типам регуляции сердечного ритма (рис. 2).

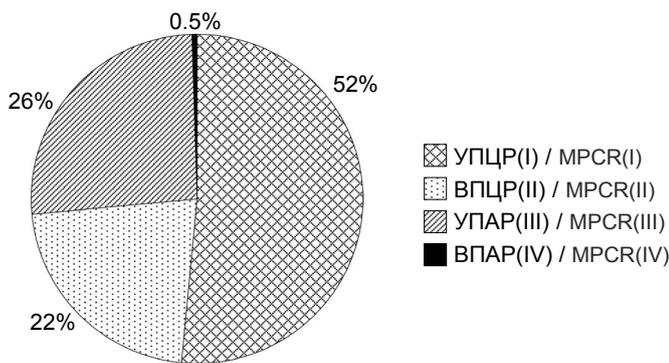
Влияние центрального контура (умеренное влияние симпатического звена) регуляции преобладало во всех об-

Таблица 4 / Table 4

**Зависимость показателей волновой структуры ритма сердца работников от стажа**  
**Dependence of the indices of the heart rhythm wave structure of employees on work experience**

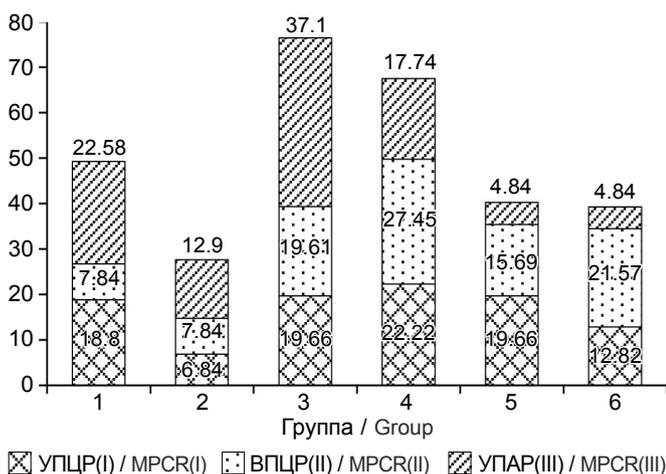
Показатель Indices	Группа / Group						Достоверные различия Significant differences
	1 n = 40	2 n = 20	3 n = 56	4 n = 51	5 n = 34	6 n = 29	
HF, мс <sup>2</sup> (ms <sup>2</sup> )	383.06 ± 101.75	375.59 ± 93.10	294.07 ± 40.96	186.64 ± 77.69	67.86 ± 10.83	78.86 ± 18.29	$p_{1-4}^{**}, p_{2-4}^{**}, p_{3-4}^{**}, p_{1-5}^{**}, p_{2-5}^{**}, p_{3-5}^{**}, p_{1-6}^{**}, p_{2-6}^{**}, p_{3-6}^{**}$
LF, мс <sup>2</sup> (ms <sup>2</sup> )	792.17 ± 119.54	732.86 ± 127.24	734.76 ± 75.44	550.28 ± 74.83	332.04 ± 50.49	251.74 ± 71.88	$p_{3-4}^{**}, p_{1-5}^{**}, p_{2-5}^{**}, p_{3-5}^{**}, p_{1-6}^{**}, p_{2-6}^{**}, p_{3-6}^{**}, p_{4-6}^{**}$
VLF, мс <sup>2</sup> (ms <sup>2</sup> )	708.10 ± 98.13	765.04 ± 97.33	793.47 ± 92.32	606.01 ± 80.93	511.24 ± 58.09	529.46 ± 150.53	$p_{2-5}^{**}, p_{1-6}^{**}, p_{2-6}^{**}, p_{3-6}^{**}$
LF/HF	5.99 ± 1.14	4.73 ± 1.78	5.67 ± 1.33	6.36 ± 0.67	6.26 ± 0.71	5.34 ± 0.99	$p_{2-4}^{**}, p_{3-4}^{**}, p_{2-5}^{**}, p_{3-5}^{**}$
TP, мс <sup>2</sup> (ms <sup>2</sup> )	1883.34 ± 255.02	1873.50 ± 288.71	1822.30 ± 173.61	1342.94 ± 193.12	911.15 ± 108.26	860.07 ± 229.19	$p_{3-4}^{**}, p_{1-5}^{**}, p_{2-5}^{**}, p_{3-5}^{**}, p_{1-6}^{**}, p_{2-6}^{**}, p_{3-6}^{**}, p_{4-6}^{**}$
HF, %	14.92 ± 2.06	16.93 ± 2.53	15.28 ± 1.46	10.20 ± 1.30	7.56 ± 0.76	9.1 ± 1.32	$p_{3-4}^{**}, p_{1-5}^{**}, p_{2-5}^{**}, p_{3-5}^{**}, p_{1-6}^{**}, p_{2-6}^{**}, p_{3-6}^{**}, p_{4-6}^{**}$
LF, %	41.07 ± 2.18	35.15 ± 2.82	40.77 ± 1.99	39.72 ± 2.15	34.37 ± 2.30	28.24 ± 2.65	$p_{1-5}^{**}, p_{1-6}^{**}, p_{3-6}^{**}, p_{4-6}^{**}$
VLF, %	43.99 ± 2.69	47.91 ± 3.18	43.94 ± 2.23	50.07 ± 2.38	58.06 ± 2.41	62.66 ± 3.18	$p_{1-5}^{**}, p_{2-5}^{**}, p_{3-5}^{**}, p_{1-6}^{**}, p_{2-6}^{**}, p_{3-6}^{**}$

Original article



**Рис. 1.** Типы вегетативной регуляции работников горнорудного производства, процент. УПЦР (I) – умеренное преобладание центральной регуляции; УПЦР (II) – выраженное преобладание центральной регуляции; УПАР (III) – умеренное преобладание автономной регуляции; ВПАР (IV) – выраженное преобладание автономной регуляции.

**Fig. 1.** Types of vegetative control in mining workers, percentage. MPCР (I) – moderate predominance of central control; PPCР (II) – pronounced predominance of central control; MPAR (III) – moderate predominance of autonomous control; PPAR (IV) – pronounced predominance of autonomous control.



**Рис. 2.** Стажевое ранжирование работников горнорудного производства по типу регуляции сердечного ритма, процент. УПЦР (I) – умеренное преобладание центральной регуляции; ВПЦР (II) – выраженное преобладание центральной регуляции; УПАР (III) – умеренное преобладание автономной регуляции.

**Fig. 2.** Work experience ranking of mining workers by type of the heart rate control, percentage. MPCР(I) – moderate predominance of central control; PPCР(II) – pronounced predominance of central control; MPAR(III) – moderate predominance of autonomous control.

следующих группах, имело волнообразное течение с тенденцией к нарастанию в группах 1, 3, 4, 5, 6. Выраженное влияние центрального контура регуляции ритма сердца, превалирование симпатических влияний имело однонаправленный волнообразный характер, возрастало с увеличением стажа работы и характеризовалось сниженным функциональным состоянием и вегетативной дисфункцией. Наблюдалась умеренная степень преобладания парасимпатической активности (предпочтительное состояние регуляторных систем) волнообразного характера с пиками в группах 1, 3, 4 и с низкими показателями в группах 2, 5, 6. Выраженное преобладание влияний парасимпатического отдела ВНС не рассматривалось из-за недостаточного числа обследуемых.

## Обсуждение

Наблюдалась тенденция возрастания ИМТ (предожирение), что соответствует общемировому тренду увеличения доли населения с избыточной массой тела [27]. Выход на плато (прекращение роста ИМТ) у мужчин отмечается в 35–40 лет, что также нашло подтверждение в нашем исследовании. Во избежание неверной трактовки показателей ИМТ было необходимо учитывать особенности скелетно-мышечной системы мужчин, занятых тяжёлым физическим трудом: у них, несмотря на интенсивное развитие мышечного каркаса, проявляется ложное ожирение (избыточная масса тела). В связи с этим индивидуальную оценку функционального состояния не проводили при дифференциальном анализе показателей ИМТ.

Однонаправленное снижение влияния парасимпатического звена саморегуляции вегетативной нервной системы (ВНС) во всех возрастных группах, возможно, не было связано со стажем работы, а определялось возрастными изменениями [28] и зависело от особых условий проживания и трудовой деятельности либо носило комплементарный характер [29].

Повышение вклада мощности спектра VLF в суммарный спектр мощности колебаний отражало во всех исследуемых группах гиперадаптивную реакцию организма и энергетозатратную модель регуляции сердечного ритма, которая имела тенденцию к распространению с увеличением стажа работы, что соответствует данным литературы [21, 30].

Оценка распределения типа вегетативной регуляции в зависимости от стажа работы также отражала тенденцию к снижению адаптационных возможностей ССС и увеличению напряжения регуляторных механизмов.

Необходимо отметить некоторые особенности и ограничения, возникшие при проведении исследования. Допуск к информации о здоровье работающих на горнорудном производстве был затруднён, авторы столкнулись с трудностями при согласовании и организации исследования. Работники отказывались от участия в исследовании из-за боязни потерять работу. В анализе не были учтены сведения о наличии у работников сопутствующих патологий. Оценить в полной мере функциональное состояние работников не представлялось возможным из-за ограниченной численности когорты.

## Заключение

По результатам исследования можно предположить, что изменения функционального состояния работников горнорудного производства в Арктической зоне Российской Федерации носят однонаправленный и негативный характер. С увеличением стажа работы комплексно нарастала масса тела и индекс функциональных изменений. Наблюдалось повышение артериального давления и усиление влияния симпатического отдела регуляции сердечного ритма с подавлением процессов саморегуляции. Наиболее выражены неблагоприятные изменения в возрасте после 42 лет и при стаже работы 11–20, 21–30, 30 лет и более. Негативное влияние было выражено в напряжении регуляторных механизмов, снижении адаптационного потенциала, напряжении регуляторных систем и развитии преморбидного состояния, что согласуется с литературными данными [20, 23, 31–35].

Результаты исследования рекомендовано учитывать при разработке профилактических мероприятий для коррекции образа жизни сотрудников предприятий, предотвращения развития клинической патологии. Материалы исследования могут быть полезны специалистам в области профилактической медицины, здравоохранения и медицины труда.

## Литература

(п.п. 5, 15, 19, 26 см. References)

1. Талыкова Л.В. Исследование эффектов профессионального воздействия в условия Арктической зоны (обзор литературы). *Российская Арктика*. 2021; (3): 41–53. <https://doi.org/10.24412/2658-4255-2021-3-00-04> <https://elibrary.ru/swunpc>
2. Быков В.Р., Никанов А.Н., Талыкова Л.В., Дорофеев В.М. Оценка риска производственно-обусловленных заболеваний у работающих на предприятиях горно-промышленного комплекса в Арктическом регионе. В кн.: Лукина Л.И., Лямина Н.В., ред. *Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность 2019: Сборник статей по материалам международной научно-практической конференции*. Севастополь; 2019: 342–6. <https://elibrary.ru/crdfv>
3. Никанов А.Н., Дорофеев В.М., Талыкова Л.В., Стурлис Н.В., Гущин И.В. Заболеваемость взрослого населения Европейской Арктики Российской Федерации с развитой горно-металлургической промышленностью. *Российская Арктика*. 2019; (6): 20–7. <https://doi.org/10.24411/2658-4255-2019-10063> <https://elibrary.ru/ihfswx>
4. Горбанев С.А., Никанов А.Н., Дударев А.А., Талыкова Л.В. Оценка риска для здоровья населения Кольского Заполярья, проживающего на территориях с интенсивной промышленной деятельностью. В кн.: *Тобольск научный – 2017. Материалы XVI Всероссийской (с международным участием) научно-практической конференции*. Тобольск: Аксиома; 2017: 135–7. <https://elibrary.ru/ybcnsk>
5. Преображенская Е.А., Сухова А.В., Зорькина Л.А., Бондарева М.В. Гигиеническая оценка условий труда и состояния здоровья работников горно-обогатительных комбинатов. *Гигиена и санитария*. 2016; 95(11): 1065–70. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2016-95-11-1065-1070> <https://elibrary.ru/xsnrrv>
6. Окс Е.И., Куракин В.А., Абашкин А.О. Оценка условий труда и расчет допустимого (безопасного) стажа основных профессий угольных шахт Кузбасса. *Медицина труда и экология человека*. 2015; (3): 147–50. <https://elibrary.ru/uwaktk>
7. Кривошёков С.Г., Белишева Н.К., Николаева Е.И., Вергунов Е.Г., Мартынова А.А., Ельникова О.Е. и др. Концепция аллостаза и адаптация человека на севере. *Экология человека*. 2016; (7): 17–25. <https://doi.org/10.33396/1728-0869-2016-7-17-25> <https://elibrary.ru/wgnceh>
8. Нагорнев С.Н., Бобровницкий И.П., Юдин С.М., Худов В.В., Яковлев М.Ю. Влияние климатогеографических факторов Арктики на здоровье человека: метаболические и патофизиологические аспекты. *Russian Journal of Rehabilitation Medicine*. 2019; (2): 4–30. <https://elibrary.ru/uqftzn>
9. Белишева Н.К., Мартынова А.А., Пряничников С.В., Соловьевская Н.Л., Завадская Т.С., Мегорский В.В. Изучение медико-биологических эффектов высокоширотного экстремального воздействия геосмических агентов на организм человека в условиях архипелага Шпицберген. В кн.: *Итоги экспедиционных исследований в 2018 году в Мировом океане, внутренних водах и на архипелаге Шпицберген: Материалы конференции*. М.; 2019: 192–3. <https://elibrary.ru/smeqfw>
10. Чашин В.П., Гудков А.Б., Попова О.Н., Одланд Ю.О., Ковшов А.А. Характеристика основных факторов риска нарушений здоровья населения, проживающего на территориях активного природопользования в Арктике. *Экология человека*. 2014; (1): 3–12. <https://elibrary.ru/gyieqr>
11. Алексанян С.С., Рыбников В.Ю., Санников М.В. *Комплексная оценка состояния здоровья и профилактики заболеваемости спасателей МЧС России, работающих в неблагоприятных условиях Арктики*. СПб.: Издательство «Лань»; 2022. <https://elibrary.ru/qgbyaj>
12. Сюрин С.А. Влияние условий и продолжительности труда на здоровье горняков северных рудников. *Медицина труда и промышленная экология*. 2018; 58(5): 44–9. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2018-5-44-49> <https://elibrary.ru/xnkbnr>
13. Максимов С.А. Возрастная структура шахтеров в зависимости от условий труда. *Медицина труда и промышленная экология*. 2009; 49(7): 40–4. <https://elibrary.ru/krtrll>
14. Ткаченко Б.И. *Физиология человека. Compendium*. М: ГЭОТАР-Медиа; 2009.
15. Берсенева А.П., Зуихин Ю.П. *Оценка функциональных возможностей системы кровообращения на доврачебном этапе диспансеризации взрослого населения*. М.; 1987.
16. Николаев Д.В., Смирнов А.В., Бобринская И.Г., Руднев С.Г. *Биомпедансный анализ состава тела человека*. М.: Наука; 2009. <https://elibrary.ru/quuaifx>
17. Мартынова А.А. Особенности психофизиологического состояния горняков, занятых в подземных разработках руды. *Вестник Уральской медицинской академической науки*. 2014; (2): 76–8. <https://elibrary.ru/stadcv>
18. Баевский Р.М., Иванов Г.Г., Гаврилушкин А.П., Довгалевский П.Я., Кукушкин Ю.А., Миронова Т.Ф. и др. Анализ variability сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем (часть 1). *Вестник аритмологии*. 2002; (24): 65–86. <https://elibrary.ru/hspjlx>
19. Шлык Н.И. *Сердечный ритм и тип регуляции у детей, подростков и спортсменов*. Ижевск; 2009. <https://elibrary.ru/qlvybb>
20. Мартынова А.А., Пряничников С.В., Михайлов Р.Е., Белишева Н.К. Особенности variability сердечного ритма у работников горно-рудного производства Кольского Заполярья. *Экология человека*. 2017; (3): 31–7. <https://doi.org/10.33396/1728-0869-2017-3-31-37> <https://elibrary.ru/xxruzl>
21. ВОЗ. Гипертония. Доступно: <https://who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/hypertension>
22. Варламова Н.Г. Артериальное давление у мужчин и женщин Севера. *Известия Коми научного центра УрО РАН*. 2011; (4): 52–5. <https://elibrary.ru/onuczf>
23. Аистов А.В., Александрова Е.А., Гарипова Ф.Г. Динамика индекса массы тела российских мужчин и женщин: возраст-период-когорта. *Демографическое обозрение*. 2021; 8(1): 44–80. <https://doi.org/10.17323/demreview.v8i1.12393> <https://elibrary.ru/xploah>
24. Бойков С.А., Белозерцева И.В., Кучмин А.Н., Захарова И.М., Княжева Т.Ю., Черкашин Д.В. и др. Возрастные особенности изменения показателей variability сердечного ритма у практически здоровых лиц. *Вестник аритмологии*. 2002; (26): 57–60. <https://elibrary.ru/hsqgdt>
25. Бойко Е.Р. *Физиолого-биохимические основы жизнедеятельности человека на Севере*. Екатеринбург; 2005. <https://elibrary.ru/tqogjp>
26. Мелентьев А.В. *Клинико-гигиеническое обоснование профилактических мероприятий по снижению кардиоваскулярного риска у рабочих промышленных предприятий*: Автореф. дисс. ... канд. мед. наук. М.; 2010. <https://elibrary.ru/qesbsr>
27. Устинова О.Ю., Власова Е.М. Анализ функционального состояния шахтеров при выполнении подземных горных работ. *Медицина труда и промышленная экология*. 2019; 59(9): 784. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-9-784-785> <https://elibrary.ru/eeedup>
28. Шинкин Г.С., Устюжанинова Н.В., Красулина Г.П. Изменения внешнего дыхания у здоровых шахтеров в зависимости от стажа работы. *Медицина труда и промышленная экология*. 2010; 50(5): 13–9. <https://elibrary.ru/mgumut>
29. Могилевская К.Э., Николенко В.Ю., Ласткова Н.Д. Особенности функционального состояния нервной системы у горнорабочих, подверженных воздействию локальной вибрации. *Архив клинической и экспериментальной медицины*. 2018; 27(3): 78–84. <https://elibrary.ru/yrimhz>
30. Шорникова Е.В., Прокопенко Л.В., Коликов К.С., Юшкова О.И., Михайлова В.Н. Физиологическая оценка воздействия шума на горнорабочих и меры профилактики. *Здоровье населения и среда обитания – ЗИСО*. 2020; (7): 24–9. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2020-328-7-24-29> <https://elibrary.ru/qtdkkm>
31. Варганян А.Р., Кондранин Г.В., Будаев А.В., Вялов Д.В., Чурляев Ю.А. Функциональные изменения гемодинамики у шахтеров. *Общая реаниматология*. 2006; 2(1): 29–31. <https://elibrary.ru/icimsv>

## References

1. Talykova L.V. Study of the effect of occupational exposure at the arctic zone (literature review). *Rossiiskaya Arktika*. 2021; (3): 41–53. <https://doi.org/10.24412/2658-4255-2021-3-00-04> <https://elibrary.ru/swunpc> (in Russian)
2. Bykov V.R., Nikanov A.N., Talykova L.V., Dorofeev V.M. Assessment of the risk of production-related diseases in workers at enterprises of the mining and industrial complex in the Arctic region. In: Lukina L.I., Lyamina N.V., eds. *Environmental, Industrial and Energy Security 2019: Collection of Articles Based on the Materials of the International Scientific and Practical Conference [Ekologicheskaya, promyshlennaya i energeticheskaya bezopasnost' 2019: Sbornik statei po materialam mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii]*. Sevastopol'; 2019: 342–6. <https://elibrary.ru/crdfv> (in Russian)
3. Nikanov A.N., Dorofeev V.M., Talykova L.V., Sturilis N.V., Gushchin I.V. Morbidity of adult population in the Russian European arctic with intensive mining and metallurgical industry. *Rossiiskaya Arktika*. 2019; (6): 20–7. <https://doi.org/10.24411/2658-4255-2019-10063> <https://elibrary.ru/ihfswx> (in Russian)
4. Gorbanev S.A., Nikanov A.N., Dudarev A.A., Talykova L.V. Health risk assessment of kola arctic population living in territories with intensive industrial activity. In: *Tobol'sk is a scientific city – 2017. Proceedings of the XVI All-Russian (with International Participation) Scientific and Practical Conference [Tobol'sk nauchnyi. Materialy XVI Vserossiiskoi (s mezhdunarodnym uchastiem) nauchno-prakticheskoi konferentsii]*. Tobolsk: Axioma; 2017: 135–7. <https://elibrary.ru/ybcnsk> (in Russian)
5. Petrashova D.A., Martynova A.A., Megorskiy V.V. Genetic damage in workers from the rare metal ore production region. *Minerals*. 2019; 9(2): 135. <https://doi.org/10.3390/min9020135> <https://elibrary.ru/vufvfw>
6. Preobrazhenskaya E.A., Sukhova A.V., Zor'kina L.A., Bondareva M.V. Hygienic assessment of working conditions and health of the workers of mining and processing enterprises. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2016; 95(11): 1065–70. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2016-95-11-1065-1070> <https://elibrary.ru/xsnrrv> (in Russian)
7. Oks E.I., Kurakin V.A., Abashkin A.O. Assessment of working conditions and calculation of permissible (safe) work experience of major worker groups

## Original article

- in Kuzbass mining. *Meditsina truda i ekologiya cheloveka*. 2015; (3): 147–50. <https://elibrary.ru/uwaktd> (in Russian)
8. Krivoshechekov S.G., Belisheva N.K., Nikolaeva E.I., Vergunov E.G., Martynova A.A., El'nikova O.E., et al. The concept of allostasis and human adaptation in the north. *Ekologiya cheloveka*. 2016; (7): 17–25. <https://doi.org/10.33396/1728-0869-2016-7-17-25> <https://elibrary.ru/wgnceh> (in Russian)
  9. Nagornev S.N., Bobrovnikskii I.P., Yudin S.M., Khudov V.V., Yakovlev M.Yu. Mechanisms of adverse effects natural and geographical factors of the Arctic zone on human health: metabolic and pathophysiological aspects. *Russian Journal of Rehabilitation Medicine*. 2019; (2): 4–30. <https://elibrary.ru/uqftzn> (in Russian)
  10. Belisheva N.K., Martynova A.A., Pryanichnikov S.V., Solovetskaya N.L., Zavadskaya T.S., Megorskii V.V. The study of the biomedical effects of the population living in the territories of active nature management in the Arctic. *Ekologiya cheloveka*. 2014; (1): 3–12. <https://elibrary.ru/ryieqp> (in Russian)
  12. Aleksanin S.S., Rybnikov V.Yu., Sannikov M.V. *Comprehensive Assessment of the State of Health and Prevention of Morbidity of Rescuers of the Ministry of Emergency Situations of Russia Working in Adverse Conditions of the Arctic [Kompleksnaya otsenka sostoyaniya zdorov'ya i profilaktika zabolevaemosti spasatelei MChS Rossii, rabotayushchikh v neblagopriyatnykh usloviyakh Arktiki]*. St. Petersburg: Izmailovskiy; 2022. <https://elibrary.ru/qgbyaj> (in Russian)
  13. Syurin S.A. Influence of working conditions and duration of work on health of northern miners. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2018; 58(5): 44–9. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2018-5-44-49> <https://elibrary.ru/xnkbnr> (in Russian)
  14. Maksimov S.A. Age-related structure of miners population in dependence on work conditions. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2009; 49(7): 40–4. <https://elibrary.ru/krrrlh> (in Russian)
  15. Wagner V., Pfaffstaller E., Kallus K.W. How to implement an effective intervention for breaks during working days. A field study. *Psychology*. 2017; 8(5). <https://doi.org/10.4236/psych.2017.85047>
  16. Tkachenko B.I. *Human Physiology. Compendium [Fiziologiya cheloveka. Compendium]*. Moscow: GEOTAR-Media; 2009. (in Russian)
  17. Berseneva A.P., Zuikhin Yu.P. *Assessment of the Functional Capabilities of the Circulatory System at the Pre-Medical Stage of Medical Examination of the Adult Population [Otsenka funktsional'nykh vozmozhnostei sistemy krovoobrashcheniya na dovrachebnom etape dispanserizatsii vzroslogo naseleniya]* Moscow; 1987. (in Russian)
  18. Nikolaev D.V., Smirnov A.V., Bobrinskaya I.G., Rudnev S.G. *Bioelectric Impedance Analysis of Human Body Composition [Bioimpedantsnyi analiz sostava tela cheloveka]*. Moscow: Nauka, 2009. <https://elibrary.ru/quuafx> (in Russian)
  19. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. Heart rate variability. Standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. *Circulation*. 1996; 93: 1043–65.
  20. Martynova A.A. Features of the psychophysiological state of miners working in underground mining ore. *Vestnik Ural'skoi meditsinskoi akademicheskoi nauki*. 2014; (2): 76–8. <https://elibrary.ru/sfadcv> (in Russian)
  21. Baevskii R.M., Ivanov G.G., Gavrilushkin A.P., Dvogalevskii P.Ya., Kukushkin Yu.A., Mironova T.F., et al. Analysis of heart rate variability using various electrocardiographic systems (Part 1). *Vestnik aritmologii*. 2002; (24): 65–86. <https://elibrary.ru/hsplxf> (in Russian)
  22. Shlyk N.I. *Heart Rate and Regulation Type of Children, Teenagers and Sportsmen [Serdechnyy ritm i tip regulyatsii u detei, podrostkov i sportsmenov]*. Izhevsk; 2009. (in Russian)
  23. Martynova A.A., Pryanichnikov S.V., Mikhailov R.E., Belisheva N.K. Features of heart rate variability in mining workers of the Kola Arctic region. *Ekologiya cheloveka*. 2017; (3): 31–7. <https://doi.org/10.33396/1728-0869-2017-3-31-37> <https://elibrary.ru/xxrzrl> (in Russian)
  24. WHO. Hypertension; 2023. Available at: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/hypertension>
  25. Varlamova N.G. Arterial pressure in men and women of the north. *Izvestiya Komi nauchnogo tsentra UrO RAN*. 2011; (4): 52–5. <https://elibrary.ru/oncuuz> (in Russian)
  26. Riffine A. Method for Quantitative assessment of the Autonomic Nervous System based on Heart Rate Variability analysis. Patent US № 7826892B2; 2010.
  27. Aistov A.V., Aleksandrova E.A., Garipova F.G. Body mass index dynamics of Russian men and women: age-period-cohort analysis. *Demograficheskoe obozrenie*. 2021; 8(1): 44–80. <https://doi.org/10.17323/demreview.v8i1.12393> <https://elibrary.ru/xploah> (in Russian)
  28. Boitsov S.A., Belozertseva I.V., Kuchmin A.N., Zakharova I.M., Knyazheva T.Yu., Cherkashin D.V., et al. Age-related features of changes in heart rate variability in practically healthy individuals. *Vestnik aritmologii*. 2002; (26): 57–60. <https://elibrary.ru/hsqgdt> (in Russian)
  29. Boiko E.R. *Physiological and Biochemical Foundations of Human Life in the North [Fiziologo-biokhimeskie osnovy zhiznedeyatel'nosti cheloveka na Severe]*. Ekaterinburg; 2005. <https://elibrary.ru/tqogjp> (in Russian)
  30. Melent'ev A.V. *Clinical and hygienic justification of preventive measures to reduce cardiovascular risk in industrial workers*: Diss. Moscow; 2010. <https://elibrary.ru/qesbsr> (in Russian)
  31. Ustinova O.Yu., Vlasova E.M. Analysis of the functional state of miners in the performance of underground mining. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2019; 59(9): 784. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-9-784-785> <https://elibrary.ru/eedup> (in Russian)
  32. Shishkin G.S., Ustyuzhaninova N.V., Krasulina G.P. Changes in respiratory function tests of healthy miners in accordance with length of service. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2010; 50(5): 13–9. <https://elibrary.ru/mgumut> (in Russian)
  33. Mogilevskaya K.E., Nikolenko V.Yu., Lastkova N.D. Features of the functional state of the nervous system in miners exposed to local vibration. *Arkhiv klinicheskoi i eksperimental'noi meditsiny*. 2018; 27(3): 78–84. <https://elibrary.ru/yrimhz> (in Russian)
  34. Shornikova E.V., Prokopenko L.V., Kolikov K.S., Yushkova O.I., Mikhailova V.N. Physiological assessment of miners' noise exposure and measures for its prevention. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya – ZNiSO*. 2020; (7): 24–9. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2020-328-7-24-29> <https://elibrary.ru/qtdkkm> (in Russian)
  35. Vartanyan A.R., Kondranin G.V., Budaev A.V., Vyalov D.V., Churlyayev Yu.A. Hemodynamic functional changes in miners. *Obshchaya reanimatologiya*. 2006; 2(1): 29–31. <https://elibrary.ru/icimsv> (in Russian)

## Сведения об авторах

**Мартынова Алла Александровна**, канд. биол. наук, мл. науч. сотр. Научно-исследовательской лаборатории ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья», 184250, Кировск, Россия. E-mail: aamartynova-job@yandex.ru

**Прянничников Сергей Васильевич**, ст. науч. сотр. ФГБУН «НИЦ медико-биологических проблем адаптации человека в Арктике – филиал ФГБУН ФИЦ «Кольский научный центр РАН», 184209, Апатиты, Россия. E-mail: s.pryanichnikov@ksc.ru

## Information about the authors

**Alla A. Martynova**, MD, PhD, junior research, Research laboratory, North West Public Health Research Center, Kirovsk, 184250, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-0701-8698> E-mail: aamartynova-job@yandex.ru

**Sergey V. Pryanichnikov**, senior researcher, Barents Centre of the Humanities – Branch of the Federal Research Centre Kola Science of the Russian Academy of Sciences, Apatity, 184209, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-8321-6805> E-mail: s.pryanichnikov@ksc.ru