

УДК 612.172.2(470.21)

ОСОБЕННОСТИ ВАРИАбельНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА У РАБОТНИКОВ ГОРНОРУДНОГО ПРОИЗВОДСТВА КОЛЬСКОГО ЗАПОЛЯРЬЯ

© 2017 г. А. А. Мартынова, С. В. Пряничников, Р. Е. Михайлов, Н. К. Белишева

Кольский научный центр Российской академии наук, г. Апатиты

В статье предоставлены результаты оценки функционального состояния организма работников горнорудного производства, связанного с добычей и переработкой лопаритовой руды. Выявлено комплексное влияние условий труда занятых добычей и переработкой руды работников на проявление вегетативной дисфункции в регуляции вариабельности сердечного ритма (ВСР). Эта дисфункция проявляется повышением индексов напряжения, более ранним истощением адаптационных резервов относительно группы сравнения, снижением суммарного вегетативного влияния на сердечной ритм и увеличением вклада симпатического звена регуляции в ВСР. Значительный вклад очень низкочастотной компоненты в спектральный диапазон ВСР у обследуемого контингента свидетельствует о гиперадаптивном состоянии организма работников предприятия, следующей стадией которого является срыв адаптации и высокая степень уязвимости к воздействующим факторам среды. Показано, что функциональное состояние организма горняков (в группе лиц младше 45 лет), занятых в подземных работах, отличается от состояния лиц, занятых в наземных работах. В группе лиц старше 45 лет, работающих под землей, и работников, связанных с высокой персональной ответственностью за производство, систолическое и диастолическое давление выше, чем у лиц, работающих в наземных условиях. Полученные результаты показывают, что определенные значения ВСР в группе горняков младше 45 лет характерны для лиц старшей возрастной группы.

Ключевые слова: функциональное состояние организма, работники горнорудного производства, арктическая и производственная среда, вариабельность сердечного ритма, возрастные особенности

FEATURES OF HEART RATE VARIABILITY IN WORKERS OF MINING PRODUCTION OF THE KOLA POLAR REGION

A. A. Martynova, S. V. Pryanichnikov, R. E. Mikhailov, N. K. Belisheva

Kola Science Centre of Russian Academy of Sciences, Apatity, Russia

The article provides the evaluation results of the body functional state of mining production workers associated with the extraction and processing of loparite ore. The complex influence of the work conditions on appearance of autonomic dysfunction in the regulation of heart rate variability (HRV) was revealed in workers employed in the ore mining and processing. This dysfunction manifests in the stress indices increasing, earlier exhaustion of the adaptive reserves in comparison to the experimental group, decrease of the total autonomic nerve system effect on heart rate and the increase of the sympathetic nerve system impact to the HRV regulation. High contribution of the very low-frequency component to the spectral range of HRV of the surveyed shows the hyper adaptive state of the mining production workers. The failure of adaptation and a high degree of vulnerability to the environmental factors are the next stage of the body state. It was shown that the functional state of the body of underground miners (in the group of persons under 45 years of age) differed from functional state of ground workers. Furthermore the systolic and diastolic pressure were higher in a group of persons over 45 years old associated with underground work and work with high personal responsibility for production than in the group of persons working in the ground conditions. The obtained results showed that certain values of the HRV in miners group aged <45 years were typical for the older age group.

Keywords: functional state of the body, employees of mining production, the Arctic and the work environment, heart rate variability, age features

Библиографическая ссылка:

Мартынова А. А., Пряничников С. В., Михайлов Р. Е., Белишева Н. К. Особенности вариабельности сердечного ритма у работников горнорудного производства Кольского Заполярья (Мурманская область) // Экология человека. 2017. № 3. С. 31–37.

Martynova A. A., Pryanichnikov S. V., Mikhailov R. E., Belisheva N. K. Features of Heart Rate Variability in Workers of Mining Production of the Kola Polar Region. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2017, 3, pp. 31-37.

Одним из важнейших факторов, формирующих здоровье человека в трудоспособном возрасте, являются условия труда. Особенно это касается работников горнорудного производства, чьи профессии связаны с интенсивным воздействием факторов рабочей среды и трудового процесса, обуславливающих высокий риск травматизма и нарушения здоровья [17, 21]. По данным Росстата, удельный вес числа работников, занятых во вредных и (или) опасных условиях труда, на конец 2014 года составил 39,7 % (в 2013 г. – 32,2 %). Из них подвергающихся воздействию про-

изводственной среды, связанной с повышенным уровнем шума, ультразвука, инфразвука, – 18,8 %; воздействию световой среды – 7,4 %; химических факторов – 6,7 %; вибрации – 5,3 %; аэрозолей, преимущественно фиброгенного действия, – 4,6 %; охлаждающего и нагревающего микроклимата – 3,7 и 2,6 % соответственно; биологических факторов – 0,6 %; неионизирующего и ионизирующего излучений – 1,3 и 0,5 % соответственно. Под воздействием факторов трудового процесса, включающего тяжести и напряженности, находятся 15,5 и 8,5 % соответственно

работников производств. Практически большинство из перечисленных факторов производственной среды и трудового процесса, в том числе связанных с психоэмоциональным стрессом, воздействуют и на работников горнорудных предприятий, обуславливая высокий рост заболеваемости системы кровообращения [7]. Особый вклад в здоровье горняков вносят специфические производственные условия, связанные с характером добычи руды и ее составом, в частности в отдельных случаях содержащих природные примеси радионуклидов [3].

Помимо условий труда, на здоровье и психофизиологическое состояние горняков оказывают влияние климатогеографические факторы [1, 8, 11, 13], а также гелиогеофизические агенты, воздействие которых особенно выражено в высоких (арктических) широтах [4, 10, 19].

Предварительные результаты по оценке функционального состояния организма работников горнорудного производства, трудящихся в арктических условиях, показали, что у большинства испытуемых наблюдается вегетативная дисфункция в регуляции variability сердечного ритма, приводящая к более раннему истощению адапционных резервов и высокой степени уязвимости к воздействующим факторам среды [15, 16]. Дополнительным свидетельством токсического воздействия производственной среды служили результаты оценки деструктивных изменений в клетках буккального эпителия, которые показали более высокую распространенность цитогенетических нарушений в клетках горняков по сравнению с группой сравнения [18].

Комплекс неблагоприятных производственных и природных воздействий на организм работников горнорудного производства свидетельствует о том, что лица, работающие в арктических условиях, добывающие и перерабатывающие руду, содержащую природные радионуклиды, нуждаются в особом контроле состояния организма, который позволит выявить донозологические (преморбидные) изменения и предупредить дальнейшее развитие патологии.

Одним из способов контроля функционального состояния организма человека является оценка variability сердечного ритма (ВСР). Она позволяет оценить влияние вегетативной нервной системы (ВНС) на сердечно-сосудистую систему, которая, в свою очередь, является индикатором эффективности адапционных реакций организма на воздействие окружающей среды [2].

Цель данного исследования состояла в том, чтобы оценить функциональное состояние организма работников горнорудного производства, занятых добычей и переработкой руды, содержащей примеси природных радионуклидов, и работников иных профессий, связанных с горнорудным производством, на основе оценки ВСР и выявить степень воздействия особенностей производственной среды на организм человека.

Методы

Исследование было выполнено в рамках ежегодного профилактического осмотра работников горнорудного производства (Мурманская обл.), связанного с подземной добычей и обогащением лопаритовой руды, содержащей естественные примеси радионуклидов. Variability сердечного ритма оценивали у работников горнорудного производства мужского пола (391 человек) среднего возраста ($42,9 \pm 0,6$) года. Группу сравнения составили 140 мужчин среднего возраста ($39,3 \pm 1,7$) года, не работающих на данном предприятии. Все обследуемые были ознакомлены с целью и условиями исследования и дали свое письменное согласие на участие в нем.

В связи с тем, что показатели ВСР изменяются с возрастом человека [6, 9], обследуемые были разделены на две группы: до 45 (<45) и старше 45 (>45) лет, когда в организме происходят наиболее выраженные инволютивные и патологические морфофункциональные изменения [12].

Физиологические показатели состояния организма работников оценивали по параметрам кардиогемодинамики (ВСР и артериальное давление). Систолическое (САД) и диастолическое (ДАД) артериальное давление, частоту сердечных сокращений (ЧСС) и ВСР измеряли в положении сидя после 5-минутного отдыха в спокойном состоянии. Оценивали ВСР с применением программно-аппартного комплекса «Омега-М» (научно-исследовательская лаборатория «Динамика», Санкт-Петербург) согласно стандартам, принятым Европейским обществом кардиологов и Северо-американским обществом электростимуляции и электрофизиологии в 1996 году [23]. Для оценки ВСР использовали следующие показатели: R-R (ms) – средний RR-интервал, SDNN (ms) – среднее 5-минутных стандартных отклонений всех RR-интервалов; RMSSD (ms) – квадратный корень из средней суммы квадратов разностей последовательных RR-интервалов (среднеквадратичное отклонение межинтервальных различий). Спектральный анализ осуществлялся при помощи быстрого преобразования Фурье с расчетом спектральной плотности мощности (ms^2) по следующим частотным диапазонам: высоких частот (High Frequency – HF) – 0,15–0,4 Гц (ms^2), низких частот (Low Frequency – LF) – 0,04–0,15 Гц, очень низких частот (Very Low Frequency – VLF) – 0,0033–0,04 Гц и общей мощности спектра (TP, ms^2). Кроме того, использовали показатели вкладов относительной мощности волн: HF%, LF% и VLF%, симпато-парасимпатический баланс (отношение LF/HF), степень централизации управления сердечным ритмом (по индексу напряжения регуляторных систем (SI у. е.). В качестве дополнительных индикаторов психофизиологического состояния организма использовали такие показатели, как уровень адаптации сердечно-сосудистой системы (А); показатель вегетативной регуляции (В); показатель центральной регуляции (С) и показатель психоэмоционального состояния (D).

Статистический анализ проводился с использованием программного пакета «STATISTICA 10.0». В работе оценивали средние арифметические значения исследуемых показателей (M), а также приводили значения стандартной ошибки этих показателей (m). Проверка нормальности закона распределения показателей ВСР и возраста внутри исследуемых групп показала, что их распределение не подчиняется нормальному закону. Поэтому для выявления значимости межгрупповых различий в показателях ВСР и возраста были использованы непараметрические методы, в частности U-критерий Манна – Уитни для сравнения двух независимых групп.

Результаты

Для выявления особенностей ВСР в обеих возрастных группах (<45 и >45 лет) значимость различий между показателями в этих группах была оценена с применением U-критерий Манна – Уитни. Анализ показал, что эти группы значительно различаются между собой по возрасту (p < 0,001) и по ряду характеристик кардиогемодинамики (табл. 1). С возрастом происходит снижение значений показателей ВСР, причем от возраста зависит 20–30 % вариабельности показателя SDNN, отражающего суммарный эффект вегетативной регуляции сердца. Уменьшение величины показателя SDNN после 45 лет свидетельствует о напряжении регуляторных систем организма, когда функциональная активность сердца начинает снижаться. Это проявляется в увеличении длительности систолы, ее периодов и фаз, уменьшении продолжительности диастолы, снижении частоты сердечных сокращений и мощности перекачивания крови, в повышении артериального давления.

Таблица 1

Сравнение показателей кардиогемодинамики у работников горнорудного производства в зависимости от возраста

Показатель	<45 (n=229)	>45 (n=162)	Значимость различий	
			U	p
Возраст	33,6±0,4	56,0±0,5	15386,0*	<0,001
САД	123,8±0,7	131,6±0,9	11136,0*	<0,001
ДАД	82,2±0,6	88,3±0,9	10958,0*	<0,001
ЧСС	81,5±0,8	81,2±1,0	18197,0	0,750
RRNN	747,9±7,4	752,5±9,1	18158,0	0,723
SI, у. е.	197,9±13,7	331,9±21,4	11082,5*	<0,001
SDNN, ms	41,2±1,1	29,2±1,0	10649,0*	<0,001
RMSSD, ms	26,9±1,1	16,7±0,9	10096,0*	<0,001
HF, ms ²	283,1±30,8	105,0±9,6	10280,0*	<0,001
LF, ms ²	751,4±41,6	292,7±24,7	8339,5*	<0,001
VLF, ms ²	772,4±44,6	487,4±42,4	12073,0*	<0,001
LF/HF	2,6±0,5	2,8±0,4	17995,0	0,923
TP, ms ²	1807±97,9	885,1±67,1	9696,5*	<0,001
HF, %	13,0±0,7	9,8±0,7	14171,0*	<0,001
LF, %	41,4±0,9	31,7±1,2	11353,5*	<0,001
VLF, %	45,7±1,0	58,4±1,3	10276,0*	<0,001

Примечание. * – значимость различий по тесту Манна – Уитни.

Увеличение индекса напряжения в возрастной группе старше 45 лет по сравнению с группой

младше 45 лет свидетельствует об усилении влияния симпатического звена автономной нервной системы (АНС) в регуляции ВСР с возрастом. Усиление вклада очень низких частот в общий спектр мощности говорит о повышенной чувствительности миокарда к гуморальным изменениям у лиц старше 45 лет, когда происходит изменение практически всех временных и спектральных показателей ВСР. Таким образом, возрастные изменения вносят определенный вклад в функциональное состояние работников горнорудного производства.

Помимо возрастных изменений на функциональное состояние организма влияют и производственные условия труда, ведущие к раннему истощению и преждевременному изнашиванию функциональных систем организма [5, 14]. Для горнорабочих, трудящихся в шахтах, характерно изменение центральной гемодинамики, отражающей гиперфункцию миокарда, повышение тонической активности резистивных сосудов, нарушение ауторегуляторных механизмов системного кровообращения [24].

Для выявления особенностей ВСР у работников горнорудного производства по сравнению с контингентом, не работающим на этом предприятии, сначала была оценена возрастная сопоставимость групп сравнения и групп горняков. Оценка значимости различий возраста горняков и лиц в группах сравнения показала, что внутригрупповые различия по U-критерию Манна – Уитни можно считать незначимыми: в возрастной группе <45 лет p = 0,051; в возрастной группе >45 лет p = 0,587 (табл. 2).

Сравнительный анализ гемодинамических показателей у горняков и в группе сравнения выявил, что ЧСС у работников комбината выше по сравнению с группой сравнения независимо от возраста (см. табл. 2). Повышение ЧСС вместе со снижением мощности низких и высоких частот у горняков свидетельствует об истощении вегетативной регуляции миокарда на фоне увеличения нагрузки системы кровообращения. Это подтверждается и возрастанием мощности спектра колебаний сердечного ритма очень низкой частоты – чувствительного индикатора энергодефицитных состояний [20]. Увеличение вклада VLF в мощность полного частотного спектра ВСР отражает реакцию гиперадаптации и физического перенапряжения, ассоциированного с истощением энергетических ресурсов [22]. Можно предположить, что возрастание мощности VLF (%) у горняков по сравнению с группой сравнения могло бы отражать влияние тяжелых физических условий труда на предприятии.

У работников комбината отмечается также нарушение вегетативного баланса (LF/HF) в звеньях регуляции АНС сердечного ритма в сторону усиления симпатических влияний независимо от возраста, что подтверждается снижением вклада дыхательной составляющей (HF, %) в суммарную мощность спектра.

В табл. 2 можно также видеть, что у работников горнорудного производства по сравнению с группой сравнения занижены и временные показатели ВСР

Таблица 2

Сравнение показателей кардиогемодинамики у работников горнорудного производства и группы сравнения (M ± m)

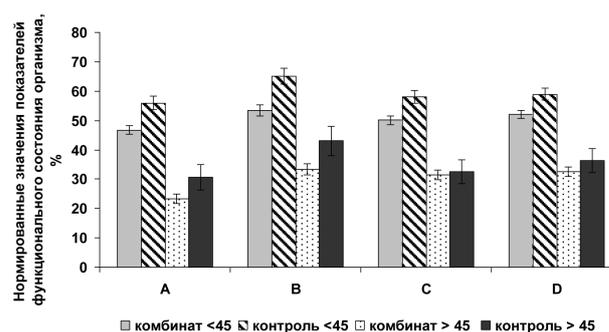
Показатель	Работники горнорудного производства		Группа сравнения		Значимость различий			
	<45	>45	<45	>45	<45		>45	
	(n=229)	(n=162)	(n=102)	(n=38)	U	p	U	p
Возраст	33,6 ±0,4	56,0 ±0,5	27,7 ±0,7	55,6 ±1,1	10315,0	0,051	2902,5	0,587
САД	123,8 ±0,7	131,6 ±0,9	120,4 ±1,6	129,9 ±4,8	11033,0	0,422	2719,5	0,369
ДАД	82,2 ±0,6	88,3 ±0,9	77,8 ±1,6	84,2 ±3,8	11273,0	0,450	2670,0	0,291
ЧСС	81,5 ±0,8	81,2 ±1,0	77,8 ±1,0	73,2 ±2,1	9759,5*	0,017	1919,0*	<0.001
RRNN	747,9 ±7,4	752,5 ±9,1	781,5 ±10,2	838,2 ±23,0	9579,0*	0,009	1941,0*	<0.001
SI, y.e.	197,9 ±13,7	331,9 ±21,4	145,7 ±13,4	325,5 ±59,0	9444,0*	0,005	2755,0	0,315
SDNN, ms	41,2±1,1	29,2 ±1,0	47,8 ±1,7	31,5 ±2,6	8902,5*	<0.001	2851,0	0,632
RMSSD, ms	26,9 ±1,1	16,7 ±0,9	32,4 ±1,4	21,3 ±2,7	8538,0*	<0.001	2498,0	0,109
HF, ms ²	283,1 ±30,8	105,0 ±9,6	394,8 ±29,6	178,6 ±50,4	8236,0*	<0.001	2374,0*	0,046
LF, ms ²	751,4 ±41,6	292,7 ±24,7	900,6 ±72,8	453,3 ±105,7	9150,0*	0,002	2383,0*	0,048
VLF, ms ²	772,4 ±44,6	487,4 ±42,4	893,7 ±74,0	446,3 ±84,4	8985,0*	<0.001	2882,0	0,543
LF/HF	2,7 ±0,5	2,8 ±0,4	2,3 ±0,3	2,5 ±0,7	10917,5	0,344	2360,0	0,041
TP, ms ²	1807,0 ±97,9	885,1 ±67,1	2189,1 ±146,6	1078,2 ±194,9	8696,0*	<0.001	2774,0	0,469
HF, %	13,0 ±0,7	9,8 ±0,7	14,8 ±0,8	13,2 ±1,9	9233,0*	0,002	2199,0*	0,011
LF, %	41,4 ±0,9	31,7 ±1,	42,2 ±1,4	33,7 ±2,4	11225,0	0,573	2954,0	0,880
VLF, %	45,7 ±1,0	58,4 ±1,3	39,7 ±1,3	41,4 ±2,8	9377,0*	0,005	2333,0*	0,006

Примечание. * – значимость различий по тесту Манна – Уитни.

(SDNN и RMSSD), что отражает фоновое снижение интегрального влияния вегетативных механизмов регуляции на синусовый ритм и парасимпатическую активность.

Можно полагать, что более низкие временные и спектральные значения показателей ВСР у работников предприятия по сравнению с группой сравнения свидетельствуют, скорее всего, о влиянии условий труда на функциональное состояние организма, проявляющееся прежде всего в дисрегуляции вегетативной иннервации сердца (рисунок).

Сравнение влияния возрастных и производственных условий на ВСР показало, что наибольшая доля различий между показателями ВСР у работников горнорудного производства, занятых на разных работах, наблюдалась у лиц младше 45 лет (75,0 %) по сравнению с лицами старше 45 лет (46,7 %). Эти результаты позволяют предположить, что с возрастом роль возрастных изменений состояния организма начинает преобладать над влиянием производственных условий на систему регуляции ВСР.



Показатели функционального состояния организма работников горнорудного производства и контрольной группы: А – интегральный уровень адаптации организма; В – показатель вегетативной регуляции; С – показатель центральной регуляции; D – психоэмоциональное состояние, < 45 и > 45 возраст

Для сравнительной оценки влияния условий труда внутри предприятия испытуемые в исследуемой когорте работников производства были распределены по трем группам: 1-ю составили лица, занятые на подземных работах (рудник); 2-ю – лица, занятые на переработке руды (фабрика), и 3-ю – лица, за-

нятые на других объектах предприятия, не связанных с добычей и переработкой руды (табл. 3).

Таблица 3

Показатели кардиогемодинамики работников горнорудного производства в зависимости от места работы (M ± m)

Показатель	Группа 1		Группа 2		Группа 3	
	<45	>45	<45	>45	<45	>45
	(n=157)	(n=77)	(n=50)	(n=44)	(n=22)	(n=41)
Возраст	33,2 ±0,5	55,2 ±0,7	33,6 ±1,0	56,3 ±0,8	37,1 ±1,2	57,02 ±1,0
САД	124,1 ±0,9	131,9 ±1,3 ^{*3}	122,4 ±1,4	127,5 ±1,5 ^{*5}	124,7 ±3,0	135,4 ±1,9
ДАД	82,1 ±0,8	88,5 ±0,9 ^{*4}	81,4 ±0,9	83,4 ±2,3 ^{*5}	84,9 ±2,2	93,4 ±1,7
ЧСС	80,0 ±1,0 ^{*1}	79,4 ±1,4	85,9 ±1,7	82,9 ±1,6	83,1 ±2,4	82,7 ±2,3
RRNN	762,2 ±9,0 ^{*1}	767,3 ±13,3	709,6 ±15,1	737,0 ±14,2	732,6 ±22,9	741,2 ±20,7
SI, у.е.	184,4 ±15,9	322,8 ±28,7	223,2 ±32,1	327,4 ±41,4	237,9 ±44,1	354,0 ±48,4
SDNN, ms	42,5 ±5,4	27,9 ±2,4	38,7 ±8,2	30,5 ±7,7	37,9 ±13,5	29,9 ±8,6
RMSSD, ms	28,2 ±1,4	16,8 ±1,4	23,9 ±2,1	17,1 ±1,6	24,4 ±3,9	16,1 ±2,0
HF, ms ²	321,0± 41,4 ^{*1,*2}	99,6 ±15,0	223,0 ±40,5	103,9 ±20,7	194,7 ±78,6	167,7 ±12,2
LF, ms ²	795,9± 52,8 ^{*2}	262,4 ±29,9	670,0 ±78,0	299,2 ±56,6	618,6 ±113,7	340,4 ±50,8
VLF, ms ²	824,3 ±59,0	398,2 ±35,2	653,5 ±71,7	570,8 ±108,5	672,5 ±98,2	565,8 ±99,2
LF/HF	2,5 ±0,4 ^{*1,*2}	2,6 ±0,6 ^{*4}	3,0 ±1,7	2,8 ±0,6 ^{*5}	3,2 ±0,9	2,0 ±1,2
TP, ms ²	1941,3 ±128,9	781,8 ±66,0	1546,6 ±157,0	973,9 ±164,3	1485,8± 28,4	1073,9± 148,8
HF, %	14,0 ±0,9 ^{*2}	11,2 ±1,1 ^{*4}	11,3 ±1,4	10,2 ±1,4	9,5 ±1,8	7,0 ±0,8
LF, %	40,7 ±1,1	32,3 ±1,7	43,4 ±2,3	39,1 ±2,2	41,2 ±2,7	33,6 ±2,3
VLF, %	45,3 ±1,2	56,5 ±1,9	45,3 ±2,5	60,7 ±2,8	49,3 ±2,8	59,4 ±2,3

Примечание. Значимость различий (по тесту Манна – Уитни) между группами: ^{*1} – 1 и 2 возраст <45 лет; ^{*2} – 1 и 3 возраст <45 лет; ^{*3} – 1 и 2 возраст >45 лет; ^{*4} – 1 и 3 возраст >45 лет; ^{*5} – 2 и 3 возраст >45 лет.

Анализ показателей ВСП у мужчин внутри каждой группы в зависимости от возраста показал, что в целом данные согласуются с теми, которые было получены без учета места работы (см. табл. 1). Снижение с возрастом вклада в мощность полного частотного спектра ВСП в группе 1 высоких, низких частот и усиление вклада очень низких частот говорит об усилении влияния нейрогуморальных систем (ренин-ангиотензин-альдостероновой системы, концентрации адреналина и норадреналина в крови) у мужчин старше 45 лет, занятых на подземных работах, что отражается в дисрегуляции вегетативной иннервации сердца. У мужчин, работающих на поверхности (группы 2 и 3), наблюдается смещение с возрастом индекса вегетативного баланса (LF/HF) в сторону снижения симпатического и усиления парасимпатического влияния.

Сравнение ВСП у лиц, работающих в различных условиях труда, внутри возрастной группы младше 45 лет показало, что наиболее высокая ЧСС наблюдается у работников фабрики (группа 2), причем по этому показателю отмечается значимость различий с группой 1 (U = 2803,0 p = 0,023). Повышение ЧСС в группе 2 вместе с более низкими значениями частотного спектра HF и LF свидетельствует об усилении влияния симпатической нервной системы на регуляцию миокарда и увеличении нагрузки на сердечно-сосудистую систему. То есть производственная среда, связанная с условиями труда по переработке руды, воздействует на организм горняков больше, чем работа в подземных условиях.

Сравнение индекса напряжения между группой 1 и группой 3 (в возрастной группе <45 лет) выявило в группе 3 превышение его нормальных значений (до 200 у. е. для лиц младше 45), что наравне с низкими значениями общей спектральной мощности свидетельствует об усилении влияния тонууса симпатической нервной системы и напряжении регуляторных систем организма. Это может быть связано с тем, что в данную группу попали лица с высокой степенью персональной ответственности и соответственно подвергающиеся частым психоэмоциональным стрессам: занимающие руководящие должности на предприятии и работники военизированной горноспасательной части.

Значимость различий показателей ВСП в группах работников с разным родом деятельности проявляется также и в спектральных показателях ВСП (см. табл. 3). Между группами 1 и 2 выявлены различия в значениях мощности HF-компоненты ВСП (U = 3097,0 p = 0,024), как и между группами 1 и 3 (U = 1258,0 p = 0,039). Кроме того, между группами 1 и 3 выявляются различия в значениях мощности LF-компоненты ВСП (U = 1182,0 p = 0,017). Однако значимых различий между группами 1 и 3 обнаружено не было. Это свидетельствует о том, что функциональное состояние организма горняков, занятых в подземных работах (в группе лиц младше 45 лет), отличается от такового у работников производства, занятых в наземных работах.

У мужчин старше 45 лет значимость различий в показателях функционального состояния организма в зависимости от рода деятельности была выявлена для гемодинамических показателей. Между группами 1 и 2 выявлены различия в значениях САД (U = 1 293,5 p = 0,031), между группами 1 и 3 – в значениях ДАД (U = 1080,0 p = 0,004), между группами 2 и 3 – в значениях САД (U = 535,5 p = 0,001) и ДАД (U = 493,5 p < 0,001). То есть у работающих под землей и у работников, связанных с высокой персональной ответственностью за производство, в группе старше 45 лет САД и ДАД выше, чем у работающих в наземных условиях на фабрике по переработке руды.

Обсуждение результатов

В данной работе исследовано функциональное состояние организма работников горнорудного произ-

водства, занятых добычей руды подземным способом и ее переработкой в наземных условиях. Особое внимание было уделено изучению особенностей вариабельности сердечного ритма, обусловленных возрастными изменениями организма и спецификой условий труда. Было показано, что комплексное влияние условий труда на состояние организма работников горнорудного производства, связанного с добычей и переработкой лопаритовой руды, приводит к проявлению вегетативной дисфункции в регуляции ВСР. Эта дисфункция выражается в повышении индексов напряжения, более раннем истощении адаптационных резервов, снижении вклада вегетативного звена в регуляцию сердечного ритма автономной нервной системой и соответственно в возрастании вклада симпатического звена регуляции в ВСР, что отражает снижение его показателей, характерное для более зрелого возраста. Значительный вклад очень низкочастотной компоненты в частотный диапазон ВСР у исследуемого контингента свидетельствует о гипердаптивном состоянии организма работников предприятия, следующей стадией которого является срыв адаптации и высокая степень уязвимости к воздействующим факторам среды. Оценка влияния условий труда и возрастных особенностей на ВСР и гемодинамику выявила, что функциональное состояние организма горняков, занятых в подземных работах (в группе лиц младше 45 лет), отличается от такового у работников производства, занятых в наземных работах. В группе лиц старше 45 лет, работающих под землей, и у работников, связанных с высокой персональной ответственностью за производство, систолическое и диастолическое давление выше, чем у лиц, работающих в наземных условиях. Наши исследования показывают, что определенные значения ВСР в группе горняков младше 45 лет характерны для лиц более старшей возрастной группы.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РГНФ и Министерства образования и науки Мурманской области по теме «Влияние социально-экономических условий на оценку качества жизни представителей различных групп населения Кольского Севера», проект № 14-16-51003.

Список литературы

1. Анисимов В. Н., Виноградова И. А., Букалев А. В., Борисенков М. Ф., Попович И. Г., Забежинский М. А., Панченко А. В., Тындык М. Л., Юрова М. Н. Световой десинхронизм и риск злокачественных новообразований у человека: состояние проблемы // Вопросы онкологии. 2013. Т. 59, № 3. С. 302–313.
2. Баевский Р. М. Методические рекомендации по анализу ВСР при использовании различных электрокардиографических систем // Вестник аритмологии. 2002. № 24. С. 65–86.
3. Белишева Н. К., Мельник Н. А., Балабин Ю. В., Буркова Т. Ф., Талыкова Л. Ф. Вклад техногенных и природных источников ионизирующего излучения в структуру заболеваемости населения Мурманской области // Вестник Кольского научного центра РАН. 2013. № 4. С. 9–28.
4. Белишева Н. К., Конрадов С. А. Значение вариаций геомагнитного поля для функционального состояния организма человека в высоких широтах // Геофизические процессы и биосфера. 2005. Т. 4, № 1/2. С. 44–52.
5. Бойко И. В., Наумова Т. М., Герасимова Л. Б. Анализ зависимости профессиональных заболеваний от стажа работы на основе мониторинга // Медицина труда и промышленная экология. 2000. № 1. С. 30–33.
6. Бойцов С. А., Белозерцева И. В., Кучмин А. Н., Захарова И. М., Княжева Т. Ю., Черкашин Д. В., Карпенко М. А. Возрастные особенности изменения показателей вариабельности сердечного ритма у практически здоровых лиц // Вестник аритмологии. 2002. № 26. С. 57–60.
7. Гондарева Л. Н., Кулкыбаев Г. А., Миндубаева Ф. А. Прогностическая оценка профессиональной адаптации у горноработающих угольных шахт // Медицина труда и промышленная экология. 2000. № 1. С. 10–13.
8. Гудков А. Б., Теддер Ю. Р., Дёгтева Г. Н. Некоторые особенности физиологических реакций организма рабочих при экспедиционно-вахтовом методе организации труда в Заполярье // Физиология человека. 1996. № 4. С. 137–142.
9. Демидова М. М., Тихоненко В. М. Циркадная ритмика показателей сердечного ритма у здоровых обследуемых // Вестник аритмологии. 2001. № 23. С. 52–58.
10. Иконникова Н. В., Фролова Н. М., Никанов А. Н., Бойко И. В., Кучеров А. В., Козлова Л. М. Условия труда и заболеваемость работников газотранспортного предприятия, расположенного в районах, приравненных к Крайнему Северу // Экология человека. 2016. № 1. С. 15–19.
11. Ким Л. Б. Транспорт кислорода при адаптации человека к условиям Арктики и кардиореспираторной патологии. Новосибирск : Наука, 2015. 216 с.
12. Коркушко О. В., Калиновская Е. Г., Молотков В. И. Преждевременное старение человека. Киев, 1979. 192 с.
13. Кривошеков С. Г. Биоритмологические маркеры дизадаптации при вахтовом труде на Севере // Российский физиологический журнал им. И. М. Сеченова. 2012. Т. 98, № 1. С. 57–71.
14. Кулкыбаев Г. А., Исмаилова А. А. Оценка психологического статуса горнорабочих, подвергающихся воздействию шумовой нагрузки // Гигиена и санитария. 2003. № 3. С. 29–32.
15. Мартынова А. А., Пряничников С. В., Белишева Н. К. Особенности психофизиологического состояния горняков, занятых в подземных разработках руды // Вестник уральской медицинской академической науки, 2014. С. 76–78.
16. Мартынова А. А., Мельник Н. А., Белишева Н. К. Психофизиологическое состояние горняков, занятых в подземных разработках редкоземельных руд, содержащих примеси природных радионуклидов // Тезисы докладов VII съезда по радиационным исследованиям (радиобиология, радиоэкология, радиационная безопасность), Москва 21–24 октября. 2014. М., С. 116.
17. Никанов А. Н., Скрипаль Б. А. Тепловизионный метод исследования в диагностике профессиональных болезней у работников промышленного комплекса Крайнего Севера. Апатиты : Изд-во Кольского научного центра РАН, 2011. 136 с.
18. Петрашова, Д. А., Белишева Н. К., Пелевина И. И., Мельник Н. А., Зользер Ф. Генотоксические эффекты в буккальном эпителии горняков, работающих в условиях облучения природными источниками ионизирующего излучения // Известия Самарского научного центра Российской

академии наук. 2011. Т. 13, № 1 (7). С. 1792–1796.

19. Рожков В. П., Белишева Н. К., Мартынова А. А., Сороко С. И. Психофизиологические и кардиогемодинамические эффекты гелиогеомагнитных и метеорологических факторов у человека в условиях Заполярья // Физиология человека. 2014. Т. 40, № 4. С. 51–64.

20. Флейшман А. Н. Медленные колебания гемодинамики: Теория, практическое применение в клинической медицине и профилактике. Новосибирск : Наука, 1999. 264 с.

21. Чащин В. П., Сюрин С. А., Гудков А. Б., Попова О. Н., Воронин А. Ю. Воздействие промышленных загрязнений атмосферного воздуха на организм работников, выполняющих трудовые операции на открытом воздухе в условиях холода // Медицина труда и промышленная экология. 2014. № 9. С. 20–26.

22. Шлык Н. И. Сердечный ритм и тип регуляции у детей, подростков и спортсменов. Ижевск : Изд-во Удмуртского университета, 2009. 259 с.

23. 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. Vol. 93. P. 1043–1065.

24. Tharkur V., Richards R., Reisin E. Obesity, hypertension, and the heart // *Am. J. Med. Sci.* 2001. N 321 (4). P. 242–248.

References

1. Anisimov V. N., Vinogradova I. A., Bukalev A. V., Borisenkov M. F., Popovich I. G., Zabezhinskij M. A., Panchenko A. V., Tyndyk M. L., Jurova M. N. *Voprosy onkologii* [Problems in oncology]. 2013, 59 (3), pp. 302-313. [in Russian]

2. Baevskij R. M. *Vestnik aritmologii* [Herald arrhythmology]. 2002, 24, pp. 65-86. [in Russian]

3. Belisheva N. K., Mel'nik N. A., Balabin Ju. V., Burkova T. F., Talykova L. F. *Vestnik Kol'skogo nauchnogo centra RAN* [Herald of the Kola Science Centre RAS]. 2013, 4, pp. 9-28. [in Russian]

4. Belisheva N. K., Konradov S. A. *Geofizicheskie processy i biosfera* [Izvestiya. Atmospheric and oceanic physics]. 2005, 4 (1/2), pp. 44-52. [in Russian]

5. Bojcov S. A., Belozerceva I. V., Kuchmin A. N., Zaharova I. M., Knjazheva T. Ju., Cherkashin D. V., Karpenko M. A. *Vestnik aritmologii* [Herald arrhythmology]. 2002, 26, pp. 57-60. [in Russian]

6. Bojko I. V., Naumova T. M., Gerasimova L. B. Analysis of occupational diseases depending on length of service on the basis of monitoring. *Meditsina truda i promyshlennaia ecologiya* [Occupational Medicine and Industrial Ecology]. 2000, 1, pp. 30-33. [in Russian].

7. Gondareva L. N., Kulkybaev G. A., Mindubaeva F. A. *Meditsina truda i promyshlennaia ecologiya* [Occupational Medicine and Industrial Ecology]. 2000, 1, pp. 10-13. [in Russian]

8. Gudkov A. B., Tedder Yu. R., Degteva G. N. *Fiziologiya cheloveka* [Human Physiology]. 1996, 4, pp. 137-142. [in Russian]

9. Demidova M. M., Tihonenko V. M. *Vestnik aritmologii* [Herald arrhythmology]. 2001, 23, pp. 52-58. [in Russian]

10. Ikonnikova N. V., Frolova N. M., Nikanov A. N., Bojko I. V., Kucherov A. V., Kozlova L. M. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2016, 1, p. 15-19. [in Russian]

11. Kim L. B. *Transport kisloroda pri adaptacii cheloveka k usloviyam Arktiki i kardiorespiratornoj patologii* [Oxygen transport in human adaptation to Arctic conditions and cardiorespiratory pathology]. Novosibirsk, 2015, 216 p.

12. Korkushko O. V., Kalinovskaja E. G., Molotkov V. I. *Prezhdevremennoe starenie cheloveka* [Premature aging man]. Kiev, 1979, 192 p.

13. Krivoshehekov S. G. *Rossiiskii fiziologicheskii jurnal imeni I. M. Sechenova / Rossiiskaia akademiia nauk*. 2012, 98 (1), pp. 57-71. [in Russian]

14. Kulkybaev G. A., Ismailova A. A. *Gigiena i sanitariia*. 2003, 3, pp. 29-32. [in Russian]

15. Martynova A. A., Prjanichnikov S. V., Belisheva N. K. *Vestnik ural'skoj medicinskoj akademicheskoi nauki* [Bulletin of Ural Medical Academic Science]. 2014, 2 (48), pp. 76-78. [in Russian]

16. Martynova A. A., Mel'nik N. A., Belisheva N. K. Psihofiziologicheskoe sostojanie gornjakov, zanjatyh v podzemnyh razrabotkah redkozemel'nyh rud, sodержashhiih primesi prirodnyh radionuklidov [Psychophysiological state of miners employed in underground mining of rare earth ores containing impurities of natural radionuclides]. In: *Tezisy dokladov: VII S"ezd po radiacionnym issledovaniyam (radiobiologiya, radiojekonomiya, radiacionnaja bezopasnost')*, Moskva, 21-24 oktjabrja [Abstracts VII Congress on radiation research (radiobiology, radioecology, radiation safety), Moscow October 21-24, 2014]. Moscow, 2014, pp. 116.

17. Nikanov A. N., Skripal' B. A. *Teplovizionnyi metod issledovaniya v diagnostike professional'nykh boleznei u rabotnikov promyshlennogo kompleksa Krainego Severa* [The thermal imaging research method in the diagnosis of occupational diseases among workers of the industrial complex of the Far North]. Apatity, 2011, 136 p.

18. Petrashova D. A., Belisheva N. K., Pelevina I. I., Mel'nik N. A., Zol'zer F. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk* [News of the Samara Science Centre RAS]. 2011, 13, 1 (7), pp. 1792-1796. [in Russian]

19. Rozhkov V. P., Belisheva N. K., Martynova A. A., Soroko S. I. *Fiziologiya cheloveka* [Human Physiology]. 2014, 40 (4), pp. 51-64. [in Russian]

20. Flejshman A. N. *Medlennye kolebanija gemodinamiki: Teorija, prakticheskoe primenenie v klinicheskoi medicine i profilaktike* [Slow hemodynamic oscillations: theory, practical application in clinical medicine and prevention]. Novosibirsk, 1999, 264 p.

21. Chashhin V. P., Sjurin S. A., Gudkov A. B., Popova O. N., Voronin A. Ju. *Meditsina truda i promyshlennaia ecologiya* [Occupational Medicine and Industrial Ecology]. 2014, 9, pp. 20-26. [in Russian]

22. Shlyk N. I. *Serdechnyj ritm i tip reguljacii u detej, podrostkov i sportsmenov* [The heart rate and regulation type of children, teenagers and sportsmen]. Izhevsk, 2009, 259 p.

23. 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, pp. 1043-1065

24. Tharkur V. Richards R., Reisin E. Obesity, hypertension, and the heart. *Am. J. Med. Sci.* 2001, 321 (4), pp. 242-248.

Контактная информация:

Мартынова Алла Александровна – кандидат биологических наук, научный сотрудник научного отдела медико-биологических проблем адаптации человека в Арктике ФГБУН «Кольский научный центр Российской академии наук»

Адрес: 184209, Мурманская обл., г. Апатиты, ул. Ферсмана, д. 14

E-mail: MartynovaAlla@yandex.ru