

КОМПЕНСАТОРНО-ПРИСПОСОБИТЕЛЬНЫЕ РЕАКЦИИ ОРГАНИЗМА НАЛАДЧИКОВ НЕФТЕПРОМЫСЛОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ

Томус И.Ю.¹, Жилияков Е.В.^{1,2}, Сапега В.А.¹, Петров Г.Л.¹, Литвинова Н.А.¹

¹ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет Министерства образования России», Тюмень, e-mail: tyuiu.ru ;

²ФГБОУ ВО «Тюменский государственный медицинский университет Минздрава России», Тюмень, e-mail: tyumsmu.ru

Использование трудовой миграции применяется в различных отраслях экономики, в частности при проведении работ на нефтепроводном транспорте, в сферах обслуживания населения. Высокий уровень напряжения адаптационно-компенсаторных реакций организма трудящихся при ведении работ вахтовым методом впоследствии ведет к быстрому утомлению и развитию необратимой патологии. В процессе исследования осуществлялось формирование двух групп – 1-я группа наблюдалась до начала вахтовой работы, 2-я группа была создана по окончании вахтовой организации труда. Организм работающих вахтовым методом функционирует с постоянным напряжением регуляторных механизмов адаптации к измененным условиям производственной деятельности и климатическим условиям. При исследовании здоровья работников нефтепровода Заполярье – Пурпэ «Газпром нефть» было отмечено снижение работоспособности по завершении первого месяца ведения работ в трудовой миграции с подтвержденными вегетосудистыми нарушениями, что было доказано проведением кардиоинтервалографии. Проведен анализ пиковых значений R и R во втором стандартном отведении, показавший негативное влияние условий работы на сердечную мышцу. Была зарегистрирована эйтония как сбалансированное состояние систем регуляции организма работающих и достаточная вегетативная реактивность на ортостаз. По завершении исследования будут даны предложения по увеличению производительности труда.

Ключевые слова: компенсаторная адаптация, производительность труда, вахтовый период, функциональные резервы, кардиоинтервалография, режимы труда и отдыха.

COMPENSATORY-ADAPTIVE REACTIONS OF THE ORGANISM OF ADJUSTERS OF OILFIELD EQUIPMENT OF THE ARCTIC ZONE

Tomus I.Yu.¹, Zhilyakov E.V.^{1,2}, Sapega V.A.¹, Petrov G.L.¹, Litvinova N.A.¹

¹FGBOU VO «Tyumen industrial University of the Ministry of education of Russia», Tyumen, e-mail: tyuiu.ru;

²FGBOU VO «Tyumen State Medical University of the Ministry of Health of Russia», Tyumen, e-mail: tyumsmu.ru

The use of labor migration is used in various sectors of the economy, such as providing work in oil pipeline transport, public services. A high level of stress of adaptive and compensatory reactions of the body working in the course of work on a shift basis, subsequently leads to rapid fatigue and the development of irreversible pathology. Two observation groups were formed – the 1st group was observed before the start of shift work, and the second group was formed after the end of shift work organization. The body of shift workers functions with a constant level of tension of regulatory mechanisms for adaptation to changed conditions of production activity and climate conditions. When studying the health of employees of the Zapolyarye – Purpe pipeline of Gazprom Neft, a decrease in working capacity was noted by the end of the first month of work in labor migration with confirmed vegetative - vascular disorders, which was proved by cardiointervalography. The analysis of peak values of R and R in the second standard lead, which showed a negative impact of working conditions on the heart muscle, was performed. Eitonia was registered as a balanced state of the body's regulation systems, and sufficient vegetative reactivity to orthostasis. At the end of the study, suggestions will be given to improve labor productivity.

Keywords: compensatory adaptation, labor productivity, shift period, functional reserves, cardiointervalography, modes of work and rest.

Актуальность. На настоящем этапе экономического развития страны необходимо промышленное освоение арктического Севера, что требует привлечения трудовых резервов из различных федеральных округов. Высокий уровень напряжения регуляторных механизмов не

может в условиях вахтового периода обеспечивать стабильность работы сердечно-сосудистой, дыхательной и других систем жизнеобеспечения, поэтому длительность периода стабильной производительности труда будет зависеть от вахтовой организации труда [1–3].

Цель исследования: в результате комплексного подхода к изучению резервов организма работников вахтового труда предложить мероприятия по снижению уровня напряженности компенсаторно-приспособительных реакций организма работников.

Материал и методы исследования

Работа выполнена в соответствии с планом научно-исследовательских работ Тюменского индустриального университета, Тюменского государственного медицинского университета и является фрагментом комплексной темы «Системные механизмы компенсации и восстановления функций в интенсивной производственной деятельности в условиях Арктики». В результате комплексного подхода оценены особенности регуляции функциональной активности сердечно-сосудистой, дыхательной систем работников, физических резервов наладчиков нефтепромышленного оборудования при ведении вахтовых работ [4, 5]. Это позволило разработать рекомендации вахтовым работникам для оптимизации производственных процессов [6, 7]. Для оценки адаптации сердечно-сосудистой системы использовался метод кардиоинтервалографии как способ изучения variability сердечного ритма, высокоинформативный в привычных условиях окружающей среды и в экстремальных условиях. Анализировались зубцы R и R во втором стандартном отведении, также давалась оценка морфофункциональным резервам способом динамометрии. Методами статистической обработки результатов эксперимента являлись математические приемы через формулы количественных расчетов. Реперной базой были заключения по натурным исследованиям летом в период вахтовых работ (60 дней) со среднесуточными температурами + 11,5 °С. Были сформированы 2 группы наблюдения по 56 человек в бригаде (1-я до начала вахты, 2-я по окончании), в которых проводилось динамическое наблюдение состояния функциональной адаптации в течение всего периода вахты работников.

Результаты исследования и их обсуждение. В связи с повышением добычи нефти и газа увеличивается арктический трубопроводно-транспортный поток ЯНАО. Для обеспечения доставки запланированных объемов нефти по нефтепроводу Заполярье – Пурпэ «Газпром нефть» планируется ввести в эксплуатацию нефтеперекачивающую станцию «Уренгойская». Вахтовые рабочие по наладке нефтепромышленного оборудования обеспечивают бесперебойный цикл работ в инфраструктуре АО «Транснефть-Сибирь» с завершением строительства нефтепровода НПС «Пурпэ». Все работы, связанные с добычей, транспортировкой и хранением нефти, проводятся на отлаженном нефтепромышленном

оборудовании, с эксплуатацией более 50 скважин. Эксплуатация и обслуживание оборудования осуществляются бригадами по 56 человек с заменой работающих каждые 52 дня. В таком производственном режиме вахтовые работники трудятся круглогодично и находятся в прямой зависимости от изменения климатических условий, что сказывается на функциональных резервах адаптации, а также на фазах работоспособности при ведении профессиональной деятельности. Первые 5 дней вахтового периода совпадают с фазой вработывания и проходят с высоким уровнем напряжения компенсаторно-приспособительных реакций [1, 8]. Работоспособность возрастает к следующему двухнедельному циклу работы и увеличивается по сравнению с исходным уровнем на 15%. В то же время при исследовании было отмечено снижение работоспособности с подтвержденными вегетосудистыми нарушениями к завершению первого месяца ведения работ в трудовой миграции [9]. Это было доказано проведением кардиоинтервалографии (КИГ) в начальном периоде адаптации – в фазу вработывания, и в завершающем периоде вахтовой работы – в фазу утомления. Метод кардиоинтервалографии применяется для изучения вариабельности сердечного ритма в привычных условиях окружающей среды и в целях оценки адаптации сердечно-сосудистой системы в условиях ведения вахтовых работ с различными функциональными нагрузками [1, 10]. Показатели кардиоинтервалографии в группах представлены в таблице 1.

Таблица 1

Показатели КИГ работников на начало вахтового периода – 1-я группа
а и при его завершении – 2-я группа.

Показатели КИГ	1-я группа (n=56)	2-я группа (n=56)
Лежа		
М (мода)	15,97±0,25	17,1±0,06*
Mo (математическое ожидание)	0,93±0,01	1,57±0,01*
Амо (амплитуда моды)	33,3±1,42	31,34±0,39
ΔХ (вариационный размах)	0,58±0,04	0,83±0,01
ИН1 (индекс напряжения)	93,84±4,32	70,2±1,79*
ИВР1 (индекс вегетативного равновесия)	118,16±2,60	93,89±2,09*
ПАПР1 (показатель адекватности процесса регуляции)	52,68±1,3	46,05±0,70*
ВПР1 (вегетативный показатель ритма)	5,97±1,10	5,02±0,08*
Стоя		
М (мода)	14,29±0,28	15,54±0,10
Mo (математическое ожидание)	0,86±0,01	1,1±0,01*
Амо (амплитуда моды)	44,03±2,1	39,28±0,61
ΔХ (вариационный размах)	0,53±0,05	0,77±0,01
ИН2 (индекс напряжения)	171,11±8,20	120,19±5,53*
ИН2 / ИН1 (отношение индекса напряжения)	2,13±0,08	2,22±0,05
ИВР2 (индекс вегетативного равновесия)	191,6±6,36	144,13±5,73*
ПАПР2 (показатель адекватности процесса регуляции)	78,87±3,18	65,13±1,41*
ВПР2 (вегетативный показатель ритма)	8,06±0,49	6,57±0,19*

Лежа		
М (мода)	16,13±0,22	17,19±0,03*
Мо (математическое ожидание)	0,93±0,01	1,17±0,01*
Амо (амплитуда моды)	33,74±0,74	30,48±0,33*
ΔХ (вариационный размах)	0,59±0,01	0,83±0,01*
ИНЗ (индекс напряжения)	91,82±1,55	68,09±1,48*
ИН2/ ИНЗ (отношение индекса напряжения)	2,17±0,07	2,27±0,07
ИВРЗ (индекс вегетативного равновесия)	115,61±1,85	91,08±1,83*
ПАПРЗ (показатель адекватности процесса регуляции)	53,38±1,85	45,11±0,56*
ВПРЗ (вегетативный показатель ритма)	5,77±0,28	5,02±0,07*

Примечание. * различие параметров « $p<0,05$ », во второй группе по завершении вахтового периода работ относительно значений 1-й группы на начало вахтового периода.

По результатам исследования у работников 1-й группы (время адаптации) были отмечены более высокая ЧСС в покое – $87,3\pm 1,52$ и увеличение Амо (амплитуды моды) – $33,3\pm 1,42$ ($p<0,05$), в то же время наименьший вариационный размах – $0,58\pm 0,04$ ($p<0,05$), а также был определен максимальный индекс напряжения – $93,84\pm 4,32$ ($p<0,05$). Проведенные исследования позволили установить умеренную симпатикотонию, преобладание тонуса симпатического отдела (рис. 1).

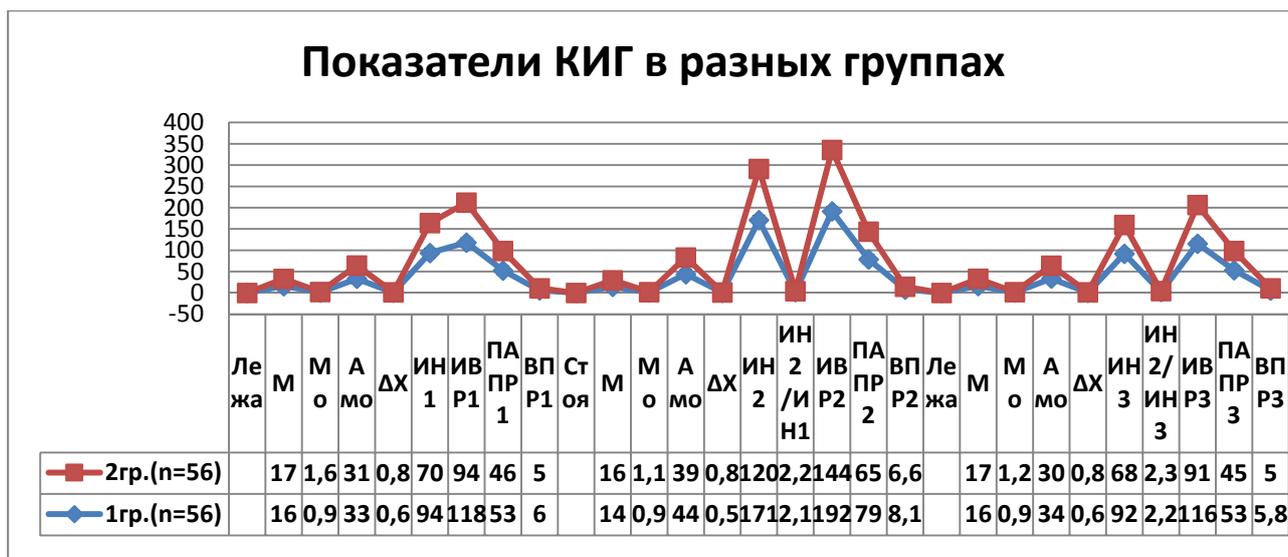


Рис. 1. Показатели КИГ работников на начало вахтового периода – 1-я группа и по его завершении – 2-я группа

При проведении анализа кардиоинтервалографии в группах было рассчитано, что вегетативная реактивность показывала на нижнюю границу симпатического типа. По результатам анализа вегетативной активности была отмечена граница $1,83\pm 0,08$ ($p<0,05$) как достаточная характеристика симпатического типа.

Также у работников 1-й группы на этапе адаптации отмечено повышение индекса вегетативной реактивности (ИВР) как показателя активности контура управления –

118,16±2,60 (p<0,05). Доказательством этого являются высокие значения вегетативного показателя ритма (ВПР) – 5,97±0,10 (p<0,05), большие значения показателя адекватности процесса регуляции – 52,68±1,3 (p<0,05) (рис. 2).

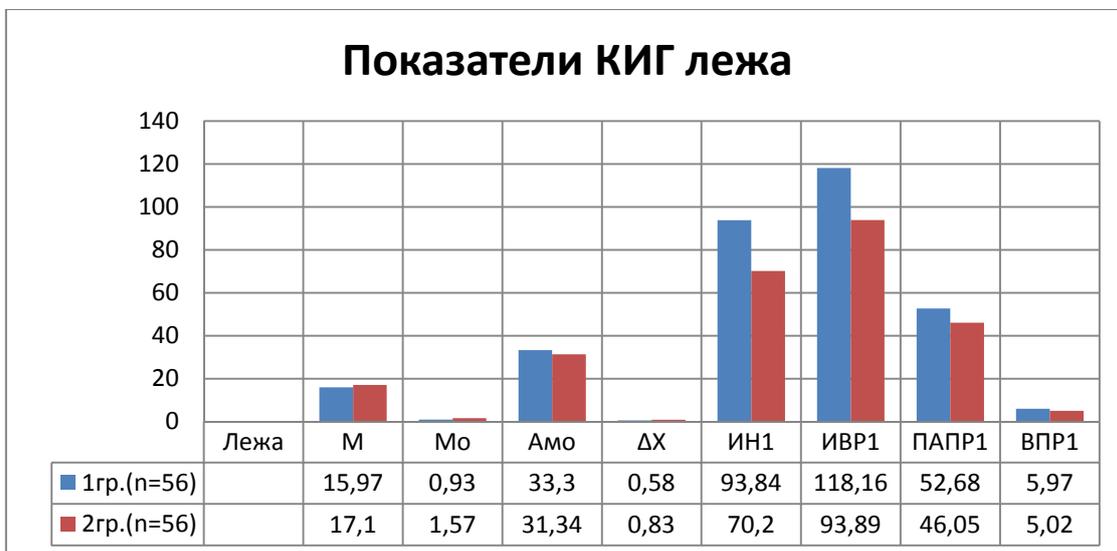


Рис. 2. Анализ вегетативной реактивности работников в вахтовом периоде

Данные анализа при проведении пробы стоя отличаются по группам исследования. На этапе адаптации в 1-й группе выраженная ЧСС составила 94,17±1,9 (p<0,05), максимальный уровень ИВР – 191,6±0,05 (p<0,05), максимальные значения индекса напряжения (ИН) – 171,11±2,4 (p<0,05), отмечено увеличение амплитуды моды – 44,03±2,11 (p<0,05) (рис. 3).

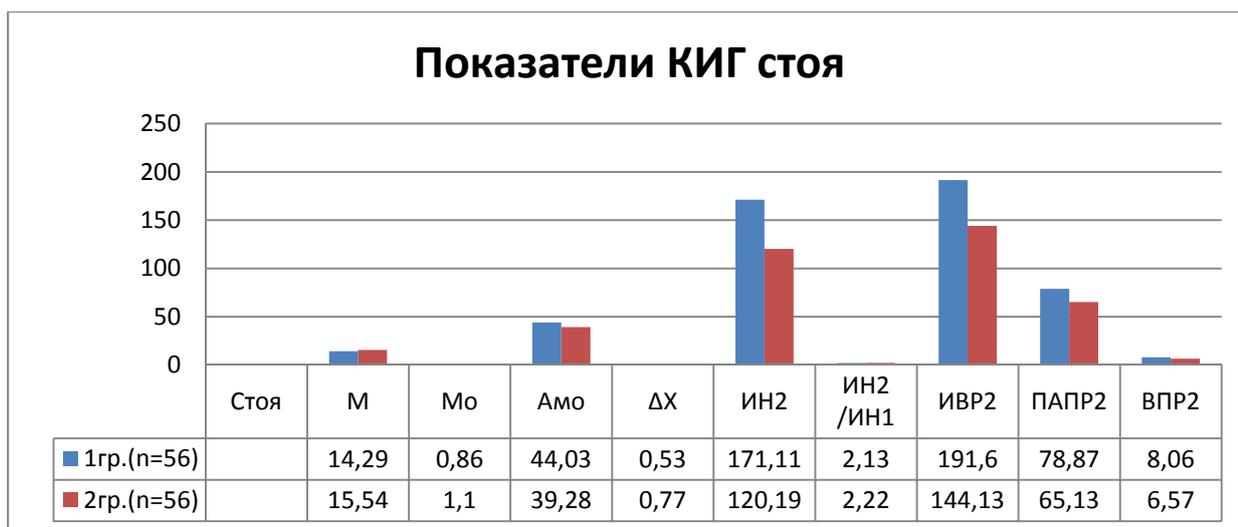


Рис. 3. Анализ вегетативной реактивности работников в ортостазе в вахтовом периоде

При анализе данных работников 2-й группы на этапе устойчивой работоспособности отмечалась более низкая ЧСС – $97,1 \pm 1,5$ ($p < 0,05$) с минимальными характеристиками индекса напряжения и большими значениями вариационного размаха.

При проведении следующей пробы в положении лежа на этапе адаптации во 2-й группе имело место снижение ЧСС – $74,2 \pm 1,6$ ($p < 0,05$), минимальный ИВР составил $91,08 \pm 0,04$ ($p < 0,05$), минимальные значения индекса напряжения – $68,09 \pm 1,6$ ($p < 0,05$), отмечено снижение амплитуды моды – $30,48 \pm 1,91$ ($p < 0,05$) (рис. 4).

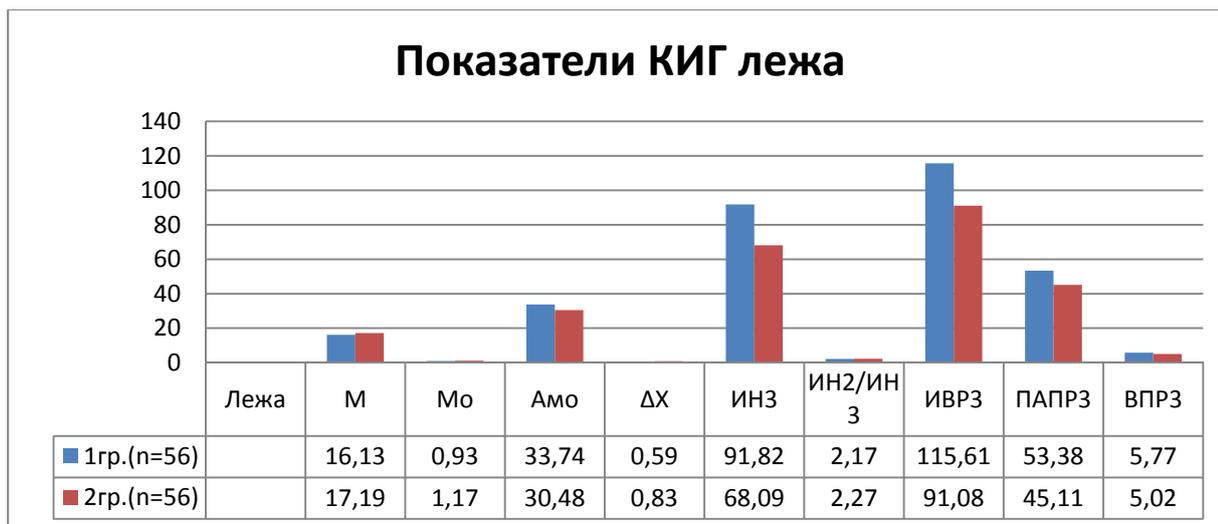


Рис. 4. Анализ вегетативной реактивности работников в вахтовом периоде после ортостаза

По результатам исследования ортостаза (изменение положения тела в исследовании из положения лежа в положение стоя) была выявлена однотипная реакция сердечно-сосудистой системы во всех группах: на начало ведения вахтовых работ в 1-й группе и по завершении ведения вахтовых работ во 2-й группе. Отмечалась выраженность частоты сердечных сокращений, снижался вариационный размах, увеличивалась мода и уменьшался индекс напряжения. Наладчики, обслуживающие нефтепромысловое оборудование, по показателям кардиоинтервалографии и определению физической силы способом динамометрии имели удовлетворительные показатели на этапах введения в вахтовый период работы и на момент завершения. Была зарегистрирована эйтония как сбалансированное состояние систем регуляции организма работающих и достаточная вегетативная реактивность на ортостаз (табл. 2).

Таблица 2

Морфофункциональные критерии в группах рабочих

Критерии	1-я группа, n=56	2-я группа, n=56
ЖЕЛ (л)	$3,95 \pm 0,02$	$3,89 \pm 0,02$

ЧСС (уд/мин)	74±0,62	78±0,34
АДС (мм рт. ст.)	125±0,42	130±0,62
АДД (мм рт. ст.)	80±0,82	86±0,73
ПД (мм рт. ст.)	45±0,52	44±0,4
ИН1 (индекс напряжения)	93,84±4,32	70,2±1,79*
ИВР1 (индекс вегетативного равновесия)	118,19±2,60	96,89±2,09*
ПАПР1 (показатель адекватности процесса регуляции)	52,68±1,3	46,5±0,70*
ВПР1 (вегетативный показатель ритма)	5,97±0,10	5,02±0,08*
ИН2 (индекс напряжения)	171,11±8,20	120,19±5,53*
ИВР1 (индекс вегетативного равновесия)	191,6±6,36	144,13±5,73*
ПАПР2 (показатель адекватности процесса регуляции)	78,67±3,18	65,13±1,41*
ВПР2 (вегетативный показатель ритма)	8,06±0,49	6,67±0,19*
ИН3 (индекс напряжения)	91,82±1,55	68,09±1,48*
ИВР3 (индекс вегетативного равновесия)	115,61±1,85	91,08±1,83*
ПАПР3 (показатель адекватности процесса регуляции)	53,38±1,85	45,11±0,56*
ВПР3 (вегетативный показатель ритма)	5,77±0,28	5,02±0,07*
Сила правой кисти (кг/масса тела)	47±0,12	50±0,41
Сила левой кисти (кг/масса тела)	45±0,21	48±0,28

Примечание. * среднее значение показателей вегетативной реактивности параметров « $p < 0,05$ » во 2-й группе по завершении вахтового периода работ относительно значений 1-й группы на начало вахтового периода.

При анализе взаимосвязи всех показателей определяется колебание коэффициента корреляции от 0,27 до 0,691 в 1-й группе и от 0,3 до 0,71 во 2-й группе. Это свидетельствует, что адаптация к ведению вахтовых работ проходит с большими функциональными затратами, что впоследствии будет сказываться на качественном уровне здоровья. Сопоставление функциональных значений позволяет выделить критерии динамики работоспособности и дать предложения по оптимизации производительности труда, контролю режимов труда и отдыха, организации системы компенсационных выплат.

Выводы

1. При ведении вахтовых работ рабочие двух групп на начало адаптации и по ее завершении показали высокую реактивность сердечно-сосудистой системы к факторам окружающей среды.
2. Снижение компенсаторно-приспособительных реакций не обеспечивает полную адаптацию к факторам окружающей среды и в начале вахтового периода выявляется у 76% наладчиков оборудования, а по завершении вахты – у 32% как факт повышения адаптации.
3. Выявленное снижение эффективного внешнего дыхания приводит к увеличению энергоемкости дыхания.
4. Работники вахтового труда в фазе вработывания показывали по КИГ более высокую частоту сердечных сокращений в покое – 91,1±1,51 ($p < 0,05$) и увеличение амплитуды моды – 33,3±1,42 ($p < 0,05$), что указывает на высокий уровень напряжения регуляторных систем.

5. Службе охраны труда рекомендовано предупреждать наступление утомления и переутомления посредством контроля режимов труда и отдыха в производственном процессе для оптимизации производительности труда.

Список литературы

1. Агаджанян Н. А. Сравнительная характеристика особенностей реакций организма на воздействие различных экстремальных факторов // Жизнеобеспечение в экстремальных условиях. 2004. № 2. С. 3-7.
2. Афтанас Л.И., Воевода М.И., Пузырев В.П. Арктическая медицина: Вызовы XXI века // Научно-технические проблемы освоения Арктики: Научная сессия Общего собрания членов РАН. М.: Наука, 2014. С. 104-110.
3. Солонин Ю.Г., Бойко Е.Р., Величковский Б.Т. Физиологические нормы напряжения организма при физическом труде в высоких широтах // Журнал медико-биологических исследований. 2017. Т. 5. № 1. С. 25-36.
4. Величковский Б.Т. Причины и механизмы снижения коэффициента использования кислорода в легких человека на Крайнем Севере // Биосфера. 2010. Т. 1. №. 2. С. 213-217.
5. Жилияков Е.В., Томус И.Ю. Производственная санитария и гигиена труда: учебное пособие. Тюмень: ТИУ, 2018. 112 с.
6. М.Р.2.2.7.2129-06 Режимы труда и отдыха работающих в холодное время года на открытой территории или в неотапливаемых помещениях. М.: Стандартиформ, 2006. 23 с. <http://docs.cntd.ru/document/1200047514> (дата обращения: 17.01.2020).
7. Ким Л.Б. Транспорт кислорода при адаптации человека к условиям Арктики и кардиореспираторной патологии. Новосибирск: Наука, 2015. 216 с.
8. Томус И.Ю. Оценка уровня напряженности труда работников экстремальных видов трудовой деятельности// Современные проблемы науки и образования. 2015. № 1–1. [Электронный ресурс]. URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=18340> (дата обращения: 10.04.2020).
9. Томус И.Ю., Жилияков Е.В. Первая помощь пострадавшим на производстве: учебное пособие. Тюмень: ТИУ, 2017. 99с.
10. Зуевская Т. В. Влияние климато-экологических факторов на возникновение и течение бронхолегочной патологии в условиях Севера. Ханты-Мансийск: Изд-во ХМГМИ, 2008. 150 с.