

ТИПОЛОГИЧЕСКАЯ ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ КОМПЕНСАТОРНО-ПРИСПОСОБИТЕЛЬНЫХ РЕАКЦИЙ ОРГАНИЗМА ПРИ ЧЕЛНОЧНЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЯХ В УСЛОВИЯ АРКТИКИ

© 2021 г. ¹В. В. Колпаков, ¹Е. А. Томилова, ²Т. В. Беспалова, ¹Т. Н. Рыбцова

¹ФГБОУ ВО «Тюменский государственный медицинский университет» Минздрава России, г. Тюмень;
²БУ ВО ХМАО – Югры «Ханты-Мансийская государственная медицинская академия», г. Ханты-Мансийск

Введение: Вопросы межсистемных взаимоотношений и эффективности компенсаторно-приспособительных механизмов в физиологии человека до настоящего времени остаются актуальными и во многом дискуссионными.

Цель: Дать комплексную оценку показателей внешнего дыхания, гемодинамики и крови у лиц мужского пола здоровой популяции при челночных меридиональных перемещениях на маршруте средней широты – Арктика с установлением эффективности и уравновешенности кислородтранспортных систем в обеспечении организма кислородом, выделением типологических особенностей межсистемной компенсации и разработкой критериев донозологической диагностики.

Методы: У двух групп работников геологоразведочных экспедиций (в каждой группе по 35 человек) в условиях средних широт (исходные данные) и после 2–2,5 года работы в Арктике проводились комплексные исследования деятельности функциональной системы (ФУС) обеспечения организма кислородом с установлением объемных и вентиляционных показателей легких, минутного потребления кислорода – VO_2 (оксиспирограф «Мета 1-25М»), показателей гемодинамики и морфофункциональных особенностей крови. Дополнительно определяли параметры эффективности и уравновешенности каждой кислородтранспортной системы с расчетом интегрального показателя деятельности всей ФУС. Статистическую обработку полученных данных проводили с использованием программы Statistics 26.0 с расчетом критериев Манна – Уитни и Краскела – Уоллиса.

Результаты: Установлены типологические особенности межсистемной адаптивной компенсации при производственной деятельности в условиях Арктики, которые характеризуют различную («долевую») выраженность функциональной активности внешнего дыхания («дыхательный тип» – ДТ) и сердечно-сосудистой системы («сердечный тип» – СТ) в обеспечении организма кислородом (VO_2). По сравнению с исходными данными в группе ДТ отмечалось увеличение минутного объема дыхания – на 20,6 %, а в группе СТ минутного объема кровообращения – на 19,6 %. По данным средней концентрации гемоглобина межгрупповое различие было статистически незначимо (соответственно увеличение на 1,5 и 1,8 %).

Выводы: Типологическая вариабельность межсистемной адаптивной компенсации организма после 2–2,5 года производственной деятельности в условиях Арктики характеризуется более выраженным напряжением внешнего дыхания у лиц «дыхательного типа» и гемодинамики у лиц «сердечного типа», с повышением общей деятельности всей функциональной системы в каждой группе.

Ключевые слова: Арктика, вахта, типологическая вариабельность функции, межсистемная компенсация, донозологическая диагностика

COMPENSATORY AND ADAPTIVE BODY REACTIONS ON SHUTTLE TRAVEL FROM AND TO THE ARCTIC

¹V. V. Kolpakov, ¹E. A. Tomilova, ²T. V. Bepalova, ¹T. N. Rybtsova

¹Tyumen State Medical University, Tyumen;

²KhMAO YUGRA «Khanty-Mansiisk State Medical Academy, Khanty-Mansiisk, Russia

Introduction: Effectiveness of compensatory mechanisms in adapting to environmental conditions is an important area for research in the field of human physiology yielding controversial results

Aim: To study adaptation of respiratory and cardiovascular systems of men to shuttle travels between the Arctic and Central Russia.

Methods: Two groups of geologists each consisting of 35 individuals comprised the sample. The complex investigation of functional systems (FS) activity was performed in Central Russia and after 2 years of work in the Arctic Data on minute respiratory volume, hemodynamic parameters and, morphofunctional features of blood were studied.

Results: We observed two types of adaptation to unfavorable conditions of the North - the breathing type and the cardiovascular type of adaptation to provide adequate body supply with oxygen. In comparison with the reference values measured in Central Russia there was an increase in respiratory minute volume by 20.6 % in the breathing adaptation type group and by 19.6 % in the cardiovascular type adaptation group. Average concentration of hemoglobin increased by 1.50 and 1.85, but the difference was not significant.

Conclusions: Our findings suggest that adaptation to the harsh conditions of the Arctic may occur either via mainly respiratory or mainly cardiovascular mechanisms.

Key words: Arctic, shift work, typological variability of functions, pre-nosological diagnostics

Библиографическая ссылка:

Колпаков В. В., Томилова Е. А., Беспалова Т. В., Рыбцова Т. Н. Типологическая вариабельность компенсаторно-приспособительных реакций организма при челночных перемещениях в условия Арктики // Экология человека. 2021. № 12. С.

For citing:

Kolpakov V. V., Tomilova E. A., Bepalova T. V., Rybtsova T. N. Compensatory and Adaptive Body Reactions on Shuttle Travel from and to the Arctic. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2021, 12, pp. 30–40.

Введение

К настоящему времени накоплен достаточно большой объем проведенных исследований, где показано, что климатические условия северных регионов по сравнению со средними широтами способствуют развитию в организме человека достаточно существенных физиологических перестроек. Данное направление всегда было приоритетным для отечественной науки и закреплено в целом ряде концепций и теорий, которые продолжают развиваться с учетом новых данных [1, 3, 5, 12, 13]. При этом, несмотря на совершенствование индивидуальных и коллективных форм защиты от неблагоприятных факторов окружающей среды, особенности природно-климатических условий Арктики предъявляют повышенные требования прежде всего к деятельности кислородтранспортных систем и кислородному режиму организма. Последнее во многом определяет у населения северного региона более высокий уровень дизрегуляторных расстройств и патологий со стороны внешнего дыхания, сердечно-сосудистой системы и системы крови по сравнению со среднеширотными данными [9].

Однако проблема определения «долевого участия» респираторного, циркуляторного и гематологического компонентов в ограничении адаптационного потенциала организма и возможности направленного прогноза формирования соответствующей патологии остается практически открытым. Это во многом связано с тем, что вопросы межсистемных взаимоотношений и эффективности компенсаторно-приспособительных механизмов с мультипараметрической оценкой по промежуточным и конечным результатам, а также разработка критериев направленной донологической диагностики являются недостаточно изученными и во многом дискуссионными. Как результат продолжают активно обсуждаться вопросы, касающиеся физиологических стандартов и принципов гомеостатического регулирования функций организма в условиях северных регионов [11, 22].

В связи с этим рассмотрены эффекты совместной деятельности внешнего дыхания, сердечно-сосудистой системы и крови в исходном состоянии, а также в координатах «недостаточность функции — компенсация функции» как реальной основы физиологической метрологии живого организма в оценке индивидуального здоровья при действии неблагоприятных факторов окружающей среды является актуальным и требует более активного проведения фундаментальных и клинических исследований. Особое значение это приобретает при клинко-физиологической оценке трудовой деятельности в циркумполярных условиях, и прежде всего при вахтовой организации труда, а также у военнослужащих с учетом геостратегических интересов и выстраивании новой системы обеспечения безопасности страны в Арктическом регионе [2, 6, 7, 14, 20, 21].

Цель работы — дать комплексную оценку показателей внешнего дыхания, гемодинамики и крови у лиц мужского пола здоровой популяции при челночных меридиональных перемещениях на маршруте средние широты — Арктика с установлением эффективности и уравновешенности кислородтранспортных систем в обеспечении организма кислородом, выделением типологических особенностей межсистемной компенсации и разработкой критериев донологической диагностики.

Методологической основой проводимого исследования является общая теория функциональных систем [4, 18, 19].

Методы

Согласно положениям Хельсинкской декларации экспериментальное исследование проводилось в двух группах мужчин первого зрелого возраста — работников геологоразведочных экспедиций (в каждой группе по 35 человек). Форма организации труда — вахта второго типа с меридиональными перемещениями из климатической зоны г. Тюмени (57°07' с. ш., постоянное место жительства) на п-ов Ямал (71°11' с. ш., место производственной деятельности) [21].

Был разработан дизайн исследования, включающий три этапа. На первом этапе все испытуемые (85 лиц мужского пола 25–35 лет) при поступлении на работу проходили углубленное общеклиническое обследование с определением исходных данных внешнего дыхания, гемодинамики и крови, а также установлением общих закономерностей и индивидуальных особенностей в системной организации обеспечения организма кислородом в условиях средних широт (г. Тюмень). На втором этапе проводились аналогичные исследования у тех же лиц на сертифицированной аппаратуре в условиях непосредственной производственной деятельности (п-ов Ямал) во все сезоны года. На заключительном этапе с учетом цели и задач исследования проводился сравнительный анализ исходных данных (средние широты) с данными, полученными «в полевых условиях» у вахтового контингента со стажем работы от 2 до 2,5 года (в среднем 20–23 челночных перемещения).

Для установления объемных параметров и вентиляционных показателей легких (частота дыхательных движений — ЧДД, дыхательный объем — ДО, минутный объем дыхания — МОД) применялась спирография с определением минутного потребления кислорода (использовался оксиспирограф «Мета 1-25М»). Показатели легочной вентиляции и объема потребления кислорода (VO_2) приводились в соответствии с данными барометрического давления, температуры и влажности воздуха к стандартным условиям [7].

Для определения морфофункциональных особенностей крови регистрировались следующие показатели:

количество эритроцитов (Эр) в 1 мкл крови, содержание гемоглобина (Hb), цветной показатель (ЦП), гематокрит (Ht) и средняя концентрация гемоглобина в одном эритроците (СКГ) [15].

Для оценки состояния кровообращения определялась частота сердечных сокращений (ЧСС), систолическое (САД) и диастолическое (ДАД) артериальное давление осциллографическим методом по Короткову, пульсовое давление (ПД = САД – ДАД), ударный объем (УО по методу Старра – Акуэль) и минутный объем кровообращения (МОК = УО × ЧСС) [10].

Дополнительно на основе системно-количественного подхода и комплексной оценки деятельности функциональной системы (ФУС) обеспечения организма O_2 определяли показатели эффективности каждой из кислородтранспортных систем – МОК/ O_2 , МОД/ O_2 , СКГ/ O_2 , уравновешенность работы эффекторов – ЧСС/ЧДД, МОК/МОД, УО/ЧСС, ДО/ЧДД, СКГ/МОД, СКГ/МОК, интегральный показатель эффективности всей ФУС – ИПЭ = МОК × МОД × СКГ/ O_2 [8, 18, 19].

Статистическую обработку полученных данных проводили с использованием программы Statistics 26.0 с расчетом параметрического t-критерия Стьюдента при сравнении средних значений независимых выборок и непараметрических критериев (U-критерий Манна – Уитни, H-критерий Краскела – Уоллиса) для выявления различий в уровне и распределении изучаемых показателей. Для измерения силы между двумя переменными вычислялся коэффициент корреляции по Пирсону и Спирмену. При сравнении средних данных, а также проверке статистических гипотез критический уровень значимости (p) в работе принимался 0,05.

Результаты

На первом этапе были изучены показатели внешнего дыхания, сердечно-сосудистой системы и крови у практически здоровых лиц 25–35 лет в условиях средних широт (исходные данные) с оценкой их типологической вариабельности в достижении конечного результата деятельности – эффективности обеспечения организма кислородом (табл. 1, 2).

Из всей популяции обследуемых были выделены две группы лиц по соотношению пульса к частоте дыхания (ЧСС/ЧДД), которое характеризует уровень вегетативной интеграции между сердечно-сосудистой системой и внешним дыханием [19]. С этой целью использовался соответствующий подход с выделением «группового профиля» или «усредненного портрета» [17]. Так, в первую группу были включены лица, чьи значения превышали среднюю величину не менее чем на 1,4 стандартного отклонения ($M + 0,25 \sigma$), что составило 35 человек, или 41,1 % от общего количества обследованных. Во второй группе были представлены только те индивидуумы, чьи значения были более чем на 1,4 ниже средней

величины стандартного отклонения ($M - 0,25 \sigma$), что составило также 35 человек, или 41,1 % от общего количества обследованных. Оставшееся количество составило 15 человек (17,8 %), показатели которых оказались в зоне средних величин ($M \pm 0,25 \sigma$) и которые были исключены из дальнейшего обследования.

Анализ результатов проведенного исследования установил, что в первой группе показатель ЧСС/ЧДД ($M \pm \sigma$) составил $(4,25 \pm 0,184)$ усл. ед., а во второй $(4,93 \pm 0,191)$ усл. ед. При этом межгрупповые различия по данному параметру были статистически значимы ($p < 0,001$). Дополнительно для установления различия по уровню ЧСС/ЧДД между двумя выборками было проведено их сопоставление с учетом U-критерия Манна – Уитни. Результаты проведенных расчетов показали преобладание высоких значений средних рангов и суммы рангов в первой группе лиц по сравнению со второй группой: Mean Rank соответственно 43,3 и 27,7; Sum of Ranks 1 515,5 и 969,5. Как следствие, эмпирическое значение U-критерия (Mann-Whitney U) и p-уровень значимости (Asymp. Sig.) в серии сравнения был равен 339,5 с достоверностью 0,001, что подтверждает наличие неслучайных межгрупповых различий по уровню ЧСС/ЧДД.

Кроме того, дополнительно был определен уровень отличий по исходным показателям – ЧСС и ЧДД (табл. 1). Анализ полученных данных также показал статистически значимое различие между указанными группами (соответственно по ЧСС $69,02 \pm 2,13$ и $73,97 \pm 2,21$; $p < 0,001$; по ЧДД $16,28 \pm 1,15$ и $14,77 \pm 0,96$; $p < 0,001$). При этом известно, что если при сопоставлении базовых показателей в предлагаемых выборках последние будут статистически значимо различаться, то это может быть основой для построения классификации и типологии испытуемых [17, 23–25]. В связи с этим установление статистически значимого различия распределения соответствующих признаков определило выделение типологий испытуемых, в частности «дыхательного типа» (ДТ₁) и «сердечного типа» (СТ₁).

Последнее было подтверждено при комплексной (системно-количественной) оценке показателей дыхания, гемодинамики и крови ФУС обеспечения организма кислородом. Так, уже на уровне первичных показателей и их производных были выявлены статистически значимые межгрупповые различия практически по всем показателям, исключение составило содержание гемоглобина ($p < 0,104$). При этом если в первой группе в сравнительном аспекте отмечалось преимущественное увеличение показателей внешнего дыхания, то во второй – со стороны сердечно-сосудистой системы. При этом показатели красной крови по уровню статистической значимости как в первой, так и во второй группе занимали промежуточное положение (см. табл. 1).

Таблица 1

Индивидуально-типологические особенности первичных показателей и их производных функциональной системы обеспечения организма кислородом мужчин 25–35 лет здоровой популяции в условиях средних широт

Показатель	Статистическая характеристика	Группа		Уровень значимости различия $DT_1 - CT_1$
		Первая дыхательный тип – DT_1 (n = 35)	Вторая сердечный тип – CT_1 (n = 35)	
ЧДД, в 1 мин	$M \pm \sigma$	$16,28 \pm 1,15$	$14,77 \pm 0,96$	0,001
	MR	46,89	24,11	
ДО, мл	$M \pm \sigma$	$738,28 \pm 49,43$	$663,14 \pm 51,02$	0,001
	MR	47,79	23,21	
МОД, л	$M \pm \sigma$	$11,97 \pm 0,39$	$9,76 \pm 0,63$	0,001
	MR	53,0	18,0	
ЧСС, уд. мин.	$M \pm \sigma$	$69,02 \pm 2,13$	$73,97 \pm 2,21$	0,001
	MR	20,30	50,70	
САД, мм рт. ст.	$M \pm \sigma$	$115,68 \pm 3,76$	$118,11 \pm 2,79$	0,005
	MR	28,70	42,30	
ДАД, мм рт. ст.	$M \pm \sigma$	$72,51 \pm 3,47$	$76,88 \pm 3,54$	0,005
	MR	25,03	45,97	
ПД, мм рт. ст.	$M \pm \sigma$	$43,17 \pm 1,15$	$41,23 \pm 1,11$	0,001
	MR	48,67	22,33	
УО, мл	$M \pm \sigma$	$65,2 \pm 3,19$	$64,25 \pm 3,81$	0,039
	MR	40,51	30,49	
МОК, л	$M \pm \sigma$	$4,49 \pm 0,11$	$4,74 \pm 0,15$	0,001
	MR	22,96	48,04	
Эритроциты, млн/мкл	$M \pm \sigma$	$4,52 \pm 0,19$	$4,64 \pm 0,19$	0,014
	MR	29,50	41,50	
ЦП, усл. ед.	$M \pm \sigma$	$0,93 \pm 0,03$	$0,92 \pm 0,02$	0,006
	MR	42,44	28,56	
Гемоглобин, г/л	$M \pm \sigma$	$140,9 \pm 2,38$	$142,1 \pm 2,74$	0,104
	MR	31,54	39,46	
СКГ, усл. ед.	$M \pm \sigma$	$3,26 \pm 0,04$	$3,23 \pm 0,07$	0,028
	MR	40,86	30,14	
VO_2 , мл в 1 мин.	$M \pm \sigma$	$316,5 \pm 15,68$	$308,4 \pm 13,61$	0,031
	MR	40,74	30,26	

Примечание. В табл. 1–4 MR – средний ранг межгруппового сравнения каждого показателя.

В связи с этим полученные данные явились основой для последующего определения эффективности и уравновешенности кислородтранспортных систем в достижении общего приспособительного результата деятельности – обеспечении организма кислородом в условиях средних широт (табл. 2).

Необходимо отметить, что уже в состоянии относительного покоя в оценке эффективности отдельных параметров ФУС обеспечения организмом O_2 были установлены статистически значимые различия по всем показателям. В частности, у лиц второй группы (CT_1) по сравнению с первой (DT_1) выявлены более высокий уровень соотношений МОК/ O_2 , МОК/МОД, ЧСС/ЧДД и более низкий УО/ЧСС, что может говорить о более высокой активации сердечно-сосудистой системы по сравнению с внешним дыханием в обеспечении организма кислородом. Так, по одному из основных показателей (МОК/ O_2) было установлено

увеличение на 8,3 % (соответственно $15,37 \pm 0,98$ и $14,19 \pm 0,97$; $p < 0,001$).

Таблица 2

Показатели эффективности и уравновешенности функциональной системы обеспечения организма кислородом мужчин 25–35 лет здоровой популяции в условиях средних широт, усл. ед.

Показатель	Статистическая характеристика	Группа		Уровень значимости различия $DT_1 - CT_1$
		Первая дыхательный тип – DT_1 (n = 35)	Вторая сердечный тип – CT_1 (n = 35)	
МОК/ O_2	$M \pm \sigma$	$14,19 \pm 0,97$	$15,37 \pm 0,98$	0,001
	MR	25,94	45,06	
МОД/ O_2	$M \pm \sigma$	$37,82 \pm 2,09$	$31,64 \pm 2,65$	0,001
	MR	52,43	18,57	
СКГ/ O_2	$M \pm \sigma$	$10,31 \pm 0,51$	$10,47 \pm 0,52$	0,211
	MR	32,46	38,54	
МОК/МОД	$M \pm \sigma$	$0,375 \pm 0,017$	$0,486 \pm 0,031$	0,001
	MR	18,0	53,1	
УО/ЧСС	$M \pm \sigma$	$0,944 \pm 0,74$	$0,868 \pm 0,72$	0,001
	MR	45,79	25,21	
ДО/ЧДД	$M \pm \sigma$	$45,35 \pm 5,92$	$44,89 \pm 6,18$	0,375
	MR	37,66	33,34	
МОД/СКГ	$M \pm \sigma$	$3,66 \pm 0,13$	$3,02 \pm 0,22$	0,001
	MR	52,94	18,06	
МОК/СКГ	$M \pm \sigma$	$1,37 \pm 0,042$	$1,47 \pm 0,051$	0,001
	MR	21,94	49,03	
ИПЭ	$M \pm \sigma$	$553,6 \pm 38,53$	$484,5 \pm 48,17$	0,001
	MR	49,03	21,97	

Подтверждением этого является обратная закономерность у лиц первой группы с определением статистически значимых различий по показателям МОД/ O_2 , МОК/МОД и ЧСС/ЧДД, которые характеризуют более выраженную активацию у них внешнего дыхания. В частности, по одному из ключевых показателей (МОД/ O_2) отмечено увеличение на 19,5 % (соответственно $37,81 \pm 2,09$ и $31,64 \pm 2,65$; $p < 0,001$). Это играет достаточно существенную роль как в оценке исходных данных, так и в прогнозе формирования функциональной активности сердечной деятельности и внешнего дыхания при воздействии неблагоприятных факторов окружающей среды.

Также необходимым условием достоверного представления оптимальности функционирования ФУС обеспечения организма O_2 является установление значений синтетического критерия напряжения всей совокупности эффекторов – интегрального показателя эффективности системы (ИПЭ). В целом ИПЭ выражает отношение общих энергозатрат взаимодействующих эффекторов к величине достигнутого (ценой этих энергозатрат) полезного приспособительного результата (ИПЭ = МОС × МОД × СКГ/ O_2). В наших исследованиях данный показатель в первой группе составил ($553,6 \pm 38,53$), а во второй ($484,5 \pm 48,17$) усл. ед.

Таблица 3

Индивидуально-типологические особенности первичных показателей и их производных функциональной системы обеспечения организма кислородом у вахтовиков со стажем работы 2–2,5 года

Показатель	Статистическая характеристика	Группа		Уровень значимости различия $DT_1 - CT_1$
		Первая дыхательный тип – DT_1 (n = 35)	Вторая сердечный тип – CT_1 (n = 35)	
ЧДД, в мин	$M \pm \sigma$	17,77 \pm 1,29*	15,91 \pm 1,01**	0,001
	MR	46,63	24,37	
ДО, мл	$M \pm \sigma$	815,28 \pm 49,43*	713,14 \pm 51,02**	0,001
	MR	50,66	20,34	
МОД, л	$M \pm \sigma$	14,44 \pm 0,53*	11,31 \pm 0,68**	0,001
	MR	53,0	18,0	
ЧСС, уд. мин.	$M \pm \sigma$	73,03 \pm 2,13*	80,95 \pm 2,21**	0,001
	MR	18,37	52,63	
САД, мм рт. ст.	$M \pm \sigma$	118,18 \pm 3,76*	123,81 \pm 2,79**	0,001
	MR	21,90	49,06	
ДАД, мм рт. ст.	$M \pm \sigma$	75,81 \pm 3,47*	83,71 \pm 3,54**	0,001
	MR	20,09	50,91	
ПД, мм рт. ст.	$M \pm \sigma$	42,37 \pm 1,15	40,11 \pm 1,12**	0,001
	MR	50,69	20,31	
УО, мл	$M \pm \sigma$	68,65 \pm 3,25*	70,15 \pm 3,82**	0,081
	MR	32,31	38,69	
МОК, л	$M \pm \sigma$	5,01 \pm 0,12*	5,67 \pm 0,23**	0,001
	MR	18,26	52,74	
Эритроциты, млн/мкл	$M \pm \sigma$	4,73 \pm 0,19*	4,84 \pm 0,19**	0,029
	MR	30,20	40,80	
ЦП, усл. ед.	$M \pm \sigma$	0,91 \pm 0,02*	0,89 \pm 0,02**	0,052
	MR	40,23	30,77	
Гемоглобин, г/л	$M \pm \sigma$	143,18 \pm 2,38*	144,8 \pm 2,74**	0,019
	MR	29,80	41,20	
СКГ, усл. ед.	$M \pm \sigma$	3,31 \pm 0,04*	3,29 \pm 0,07**	0,134
	MR	39,14	31,86	
VO ₂ , мл в мин	$M \pm \sigma$	334,1 \pm 14,7	328,4 \pm 12,5**	0,132
	MR	39,08	31,82	

Примечание. * – статистически значимое различие с исходными данными (средние широты) у лиц первой группы; ** – статистически значимое различие с исходными данными (средние широты) у лиц второй группы.

Таким образом, согласно цели и задачам настоящего исследования полученные данные могут быть, с одной стороны, нормативными показателями для мужчин 25–35 лет в условиях средних широт, а с другой – отправной базой для более глубокой оценки долевого участия каждого звена в обеспечении организма O₂ и выявления функциональной

направленности компенсации при производственной деятельности в условиях северного региона (табл. 3).

С учетом разработанного алгоритма исследования на втором этапе были получены первичные показатели и их производные ФУС обеспечения организма O₂ у мужчин этих же групп после 2–2,5 года работы в условиях Арктики при экспедиционно-вахтовой организации труда (см. табл. 3).

При сравнении полученных показателей с исходными данными прежде всего необходимо отметить два основополагающих момента. Первый определен наличием статистически значимого различия практически по всем показателям как в первой, так и во второй группе с исходными данными. Вторым моментом связан с сохранением типологической направленности в формировании компенсаторно-приспособительных реакций у лиц каждой группы после 2–2,5 года работы в условиях Арктики. Так, анализ результатов проведенного исследования установил, что в первой группе показатель ЧСС/ЧДД составил (4,11 \pm 0,21) усл. ед, а во второй (5,09 \pm 0,29) усл. ед. При этом межгрупповые различия по данному параметру были статистически значимы ($p < 0,001$). Сопоставление различия по уровню ЧСС/ЧДД между двумя выборками с учетом U-критерия Манна – Уитни также подтвердило это отличие: Mean Rank соответственно 18,0 и 53,0; Sum of Ranks 630,0 и 1 855, p-уровень значимости (Asymp. Sig.) с достоверностью 0,001, что подтверждает наличие неслучайных межгрупповых различий по уровню ЧСС/ЧДД.

Дополнительно необходимо отметить еще одну особенность – межгрупповую разнонаправленность изменения соотношения ЧСС/ЧДД у вахтовиков после 2–2,5 года работы в условиях северного региона. Так, если по сравнению с исходными данными в первой группе отмечалось статистически значимое уменьшение данного показателя (соответственно 4,25 \pm 0,184 и 4,11 \pm 0,21; $p < 0,001$), то во второй группе – увеличение (соответственно 4,93 \pm 0,191 и 5,09 \pm 0,29; $p < 0,001$). Последнее уже на данном этапе анализа полученных результатов подтверждает типологическую направленность компенсаторно-приспособительных реакций организма при адаптации к специфическим условиям экспедиционно-вахтовой организации труда в условиях Арктики. Также подтверждением вышеизложенного явился различный уровень отличий от исходных показателей по частоте сердечных сокращений и частоте дыхания в минуту в каждой группе. Если в первой группе увеличение преимущественно шло по ЧДД (соответственно на 9,15 и 7,7 %), то во второй группе – по ЧСС (соответственно на 5,8 и 9,5 %).

Таким образом, анализ полученных результатов показывает, что по данному признаку (ЧСС/ЧДД) сохраняется достаточно высокий уровень вариабельности вегетативной интеграции дыхательного и сердечного компонентов в общей деятельности организма в обеспечении его кислородом как в условиях относительно благоприятной среды обитания

(средние широты), так и при экспедиционно-вахтовой организации труда в условиях Арктики. В связи с этим установление статистически значимого различия распределения данного признака еще раз подтвердило необходимость выделения типологий испытуемых, в частности «дыхательного» и «сердечного» типов среди лиц здоровой популяции при напряженной трудовой деятельности в условиях северного региона, и разработки соответствующих профилактических мероприятий. Последнее было подтверждено при комплексной (системно-количественной) оценке показателей дыхания, гемодинамики и крови функциональной системы обеспечения организма кислородом у вахтовиков со стажем работы 2–2,5 года.

Так, уже на уровне других первичных показателей и их производных ФУС были установлены статистически значимые межгрупповые различия практически по всем показателям, исключение составили ударный объем ($p < 0,081$), среднее содержание гемоглобина ($p < 0,134$) и цветной показатель ($p < 0,056$). При этом, если в первой группе отмечалось преимущественное увеличение показателей внешнего дыхания, то во второй – со стороны сердечно-сосудистой системы. В частности, по сравнению с исходными данными в первой группе (DT_2) отмечалось более высокое увеличение МОД – на 20,6 % (в ST_2 на 15,9 %), а во второй МОК – на 19,6 % (в DT_2 на 11,5 %). По данным средней концентрации гемоглобина увеличение по каждой группе было практически однозначным, соответственно на 1,5 и 1,8 % (см. табл. 3).

Таким образом, при однонаправленном включении компенсаторно-приспособительной реакции у вахтовиков обеих групп (DT_2 и ST_2) со стороны кислородтранспортных систем в обеспечении организма O_2 установлено неодинаковое «долевое участие» респираторного, циркуляторного и гематологического компонентов в формировании адаптационного потенциала организма к специфическим условиям производственной деятельности вахтовиков.

В связи с этим для более полного определения эффективности и уравновешенности кислородтранспортных систем в достижении общего приспособительного результата деятельности был произведен системно-количественный анализ полученных данных у работников геологоразведочных экспедиций со стажем работы 2–2,5 года каждой из вышеуказанных групп. При этом выявлены статистически значимые различия по всем показателям. В частности, у лиц второй группы (ST_2) по сравнению с первой (DT_2) установлены более высокий уровень соотношений МОК/ O_2 , МОК/МОД, ЧСС/ЧДД и более низкий УО/ЧСС, что говорит о более высокой активации сердечно-сосудистой системы в общем обеспечении организма кислородом. Подтверждением этого является обратная закономерность у лиц первой группы (DT_2) с определением статистически значимых различий по показателям МОД/ O_2 , МОК/МОД и ЧСС/ЧДД, которые характеризуют более выраженную

Таблица 4

Показатели эффективности и уравновешенности функциональной системы обеспечения организма кислородом у вахтовиков со стажем работы 2–2,5 года, усл. ед.

Показатель	Статистическая характеристика	Группа		Уровень значимости различия $DT_1 - ST_1$
		Первая дыхательный тип – DT_1 (n = 35)	Вторая сердечный тип – ST_1 (n = 35)	
МОК/ O_2	$M \pm \sigma$	15,03 ± 0,97*	17,31 ± 1,18**	0,001
	MR	20,71	50,29	
МОД/ O_2	$M \pm \sigma$	43,29 ± 2,26*	34,51 ± 2,69**	0,001
	MR	53,00	18,00	
СКГ/ O_2	$M \pm \sigma$	9,94 ± 0,47*	10,04 ± 0,48**	0,414
	MR	33,51	37,49	
МОК/МОД	$M \pm \sigma$	0,347 ± 0,02*	0,503 ± 0,01**	0,001
	MR	18,0	53,0	
УО/ЧСС	$M \pm \sigma$	0,942 ± 0,07	0,868 ± 0,06	0,001
	MR	45,03	25,97	
ДО/ЧДД	$M \pm \sigma$	46,27 ± 5,79	45,16 ± 5,71	0,423
	MR	45,03	39,97	
МОД/СКГ	$M \pm \sigma$	4,36 ± 0,16*	3,44 ± 0,24**	0,001
	MR	53,00	18,00	
МОК/СКГ	$M \pm \sigma$	1,51 ± 0,04*	1,72 ± 0,01**	0,001
	MR	18,66	52,34	
ИПЭ	$M \pm \sigma$	718,95 ± 48,29*	645,21 ± 66,68**	0,001
	MR	46,20	24,80	

активацию у них внешнего дыхания. Это играет достаточно существенную роль в прогностической оценке функциональной активности сердечной деятельности и внешнего дыхания у вахтового контингента при производственной деятельности в условиях Арктики.

Также необходимым условием достоверного представления деятельности ФУС обеспечения организма O_2 является установление значений синтетического критерия напряжения всей совокупности эффекторов – ИПЭ. В наших исследованиях данный показатель в первой группе составил ($595,45 \pm 36,35$), а во второй – ($549,44 \pm 54,72$) усл. ед.

Таким образом, полученные данные настоящего исследования, с одной стороны, расширяют наши представления о физиологической норме лиц здоровой популяции, в частности мужчин 25–35 лет, а с другой – могут являться отправной базой для более глубокой оценки вариабельности механизмов в обеспечении организма O_2 и функциональной направленности компенсаторно-приспособительных реакций организма при воздействии неблагоприятных факторов окружающей среды (табл. 4).

Обсуждение результатов

Проблема физиологической нормы и гомеостатического регулирования функций организма в эко-

логии человека, как и медицине в целом, остается актуальной до настоящего времени. С учетом в целом вариабельности различных гомеостатических показателей у лиц здоровой популяции их оценка в понимании нормы в большинстве случаев представляется как среднестатистический показатель. Вместе с тем в научной литературе все большее признание вызывает утверждение, что абсолютизация среднестатистических норм неизбежно порождает шаблоны как физиологического, так и клинического мышления. Это становится все более актуальным при практической реализации концептуальных вопросов персонифицированной медицины и обоснования принципов гомеостатического регулирования различных функций организма в условиях северного региона. Также до настоящего времени в экологии человека остается проблема адекватного подбора необходимых групп для проведения сравнительного анализа при воздействии различных факторов окружающей среды. Установлено, что одинаковый возраст, пол и условия проживания (по этнической принадлежности) не гарантируют подбора физиологически однородных групп [11, 22]. Отсюда поиск новых путей при наличии имеющихся подходов к решению данной проблемы в полной мере оправдан и потребовал проведения соответствующего исследования.

В связи с этим вполне логичным для изучения вариабельности формирования компенсаторно-приспособительных реакций к непосредственному воздействию экологических факторов северного региона явился выбор модели трудовой деятельности с челночными перемещениями из средних широт в условия Арктики. При этом необходимо отметить, что при данной модели – вахты второго типа с меридиональными перемещениями г. Тюмень ($57^{\circ}07'$ с. ш.) – п-ов Ямал ($71^{\circ}11'$ с. ш.) исключается дополнительное воздействие смены часовых поясов, что является характерным для широтных перелетов и приводит к дополнительной нагрузке на организм человека [14].

Кроме того, для выделения экспериментальных групп и на этой основе установления типовой направленности формирования компенсаторно-приспособительных реакций у лиц здоровой популяции был выбран адекватный метод идентификации «группового профиля» или «усредненного портрета» по показателю вегетативной интеграции сердечно-сосудистой системы и внешнего дыхания ($PVI = ЧСС/ЧДД$), что, по нашему мнению, является с физиологической точки зрения во многом определяющим. Известно, что даже у лиц здоровой популяции абсолютные значения ведущих вегетативных показателей (ЧСС, ЧДД) могут иметь существенные различия уже в состоянии относительного покоя. При этом сила корреляции между ними изменяется в гораздо меньшей степени и соответствует общему значению их интеграции, характерной для каждого индивидуума. В специально проведенных исследованиях было показано, что уровень их взаимосвязи объективно отражает реакцию

организма как в состоянии относительного покоя, так и в состоянии напряжения, что в целом может характеризовать индивидуально-типологические особенности вегетативной интеграции дыхательного и сердечного компонентов общей деятельности организма в обеспечении O_2 [18, 19].

В связи с этим согласно цели настоящего исследования также вполне правомерным на первом этапе было подтвердить выделение двух экспериментальных групп по вышеуказанному показателю из всей популяции здоровых лиц, проживающих в относительно комфортных условиях средних широт. Анализ результатов проведенного исследования установил межгрупповое различие по данному параметру, которое было статистически значимым ($p < 0,001$). Кроме того, дополнительно был определен уровень отличий по исходным показателям – ЧСС и ЧДД, который также показал их статистически значимое различие между указанными группами. По мнению большинства исследователей, выявление различий в уровневых показателях может рассматриваться как объективная основа, позволяющая сформулировать гипотезу для дальнейших исследований [17, 23–25].

Таким образом, анализ полученных данных показал, что по данному признаку (ЧСС/ЧДД) существует высокий уровень наличия субпопуляций в общей выборке обследуемых. В связи с этим установление статистически значимого межгруппового различия соответствующего признака стал основой для выделения типологий испытуемых, в частности «дыхательного типа» (DT_1) и «сердечного типа» (ST_1).

Для подтверждения данной концепции и за ее методическую основу была принята теория функциональных систем [4, 18, 19], основным постулатом которой является положение о том, что ведущим системообразующим фактором служит полезный для организма и системы в целом приспособительный результат. При этом абсолютное значение отдельного физиологического показателя приобретает достоверную системно-физиологическую информативность только в соотношении с другими физиологическими показателями конкретной функциональной системы (ФУС), в частности функциональной системы обеспечения организма кислородом. Для данной ФУС много-связного (мультипараметрического) регулирования характерен соответствующий принцип саморегуляции – отклонение от оптимального уровня конечного результата (потребление кислорода – VO_2) под влиянием факторов окружающей среды есть стимул к направленному перераспределению регулируемых параметров подсистем (внешнего дыхания, сердечно-сосудистой системы, крови). При этом учитывается, что в соотношении значений выбранных физиологических показателей выражается конфигурация более высокого уровня функционального состояния организма – организма как единого целого, его «вегетативный портрет» [8, 19].

Последнее было подтверждено при комплексной (системно-количественной) оценке показателей дыха-

ния, гемодинамики и крови функциональной системы обеспечения организма кислородом у лиц здоровой популяции, мужчин 25–35 лет в условиях средних широт. Так, уже на уровне не только первичных показателей, но и их производных (МОД/ O_2 , МОК/ O_2 , СКГ/ O_2) были выявлены статистически значимые межгрупповые различия по всем показателям. При этом если в первой группе (ДТ₁) в сравнительном аспекте отмечалось преимущественное увеличение показателей внешнего дыхания, в частности по основному показателю МОК/ O_2 на 19,5 %, то во второй (СТ₁) – со стороны сердечно-сосудистой системы, соотношение МОК/ O_2 повышалось на 8,3 %. Параметры красной крови по уровню статистической значимости как в первой, так и во второй группе занимали промежуточное положение.

Таким образом, полученные данные позволяют дополнительно оценить коэффициент полезного действия (КПД) каждого эффектора, обеспечивающего газовый обмен в организме уже в состоянии относительного покоя у лиц здоровой популяции в конкретных условиях окружающей среды, в частности в условиях средних широт. Это не только может служить существенным показателем типологической характеристики гомеостатического регулирования кислородтранспортной функции организма в норме, но и быть основой для прогноза соответствующей адаптивной направленности компенсаторно-приспособительных реакций в координатах «недостаточность функции – компенсация функции» при воздействии климатических факторов северного региона.

В настоящее время является общепризнанным, что комплекс экологических факторов того или иного региона, воздействуя на организм человека, ведет к последовательным (по стадиям) изменениям в регуляторных и гомеостатических системах, которые непосредственно могут предшествовать возникновению патологии и определять ее характер и специфику. При этом уровень напряженности физиологических функций, мощность ответных реакций и время, затрачиваемое на прохождение отдельных фаз, в определенной мере эквивалентно «физиологической стоимости» или «цене адаптационного процесса» [1, 12].

В связи с этим для оценки устоявшихся компенсаторно-приспособительных реакций организма вахтовиков и проведения сравнительного анализа с исходными данными, с нашей точки зрения, вполне обоснованным является выбранный стаж работы в условиях Арктики 2–2,5 года. По данным большинства исследователей, вышеуказанные сроки соответствуют окончанию первой фазы – фазы адаптивного напряжения и проявления устоявшихся морфофункциональных приспособлений в организме к условиям северного региона [1, 2, 12, 21].

Отсюда с учетом поставленной цели и разработанного алгоритма исследования на втором этапе были получены первичные показатели и их производные ФУС обеспечения организма O_2 у мужчин этих же групп (ДТ₁ и СТ₁), но уже после 2–2,5 года работы

в условиях Арктики при экспедиционно-вахтовой организации труда (соответственно ДТ₂ и СТ₂).

При сравнении у вахтового контингента показателей с исходными данными были определены статистически значимые различия по всем показателям. При этом необходимо констатировать, что эти изменения были напрямую связаны с сохранением типологической направленности в формировании компенсаторно-приспособительных реакций у лиц каждой группы после 2–2,5 года работы в условиях Арктики. Так, анализ результатов проведенного исследования позволил прежде всего установить статистически значимые межгрупповые различия по типовому признаку ЧСС/ЧДД ($p < 0,001$). Сопоставление по данному параметру между двумя выборками с учетом U-критерия Манна – Уитни также подтвердило это отличие.

Дополнительно была выявлена межгрупповая разнонаправленность изменения соотношения ЧСС/ЧДД у вахтовиков после 2–2,5 года работы в условиях северного региона. Если по сравнению с исходными данными в группе ДТ₂ отмечалось статистически значимое уменьшение данного показателя, то в группе СТ₂ – увеличение. Последнее уже на данном этапе анализа полученных результатов подтверждает типологическую направленность компенсаторно-приспособительных реакций организма при адаптации к специфическим условиям экспедиционно-вахтовой организации труда в условиях Арктики. Также подтверждением вышеизложенного явился различный уровень отличий от исходных показателей по ЧСС и частоте дыхания в минуту в каждой группе. Если в первой группе увеличение преимущественно шло по ЧДД (на 9,15 %), то во второй – по ЧСС (на 9,5 %).

Таким образом, анализ полученных результатов показывает, что по данному признаку (ЧСС/ЧДД) сохраняется достаточно высокий уровень вариативности вегетативной интеграции дыхательного и сердечного компонентов в общей деятельности организма в обеспечении его кислородом как в условиях относительно благоприятной среды обитания (средние широты), так и при экспедиционно-вахтовой организации труда в условиях Арктики. В связи с этим установление статистически значимого различия распределения данного признака еще раз подтвердило необходимость выделения типологий испытуемых, в частности «дыхательного» и «сердечного» типов среди лиц здоровой популяции при напряженной трудовой деятельности в условиях северного региона, и на этой основе разработки соответствующих профилактических мероприятий.

Дополнительное обоснование данному концептуальному положению было дано по результатам комплексной (системно-количественной) оценки показателей дыхания, гемодинамики и крови ФУС обеспечения организма кислородом у вахтовиков со стажем работы 2–2,5 года. Так, уже на уровне других первичных показателей и их производных ФУС были сохранены статистически значимые межгрупповые

различия практически по всем показателям. При этом если в первой группе отмечалось преимущественное увеличение показателей внешнего дыхания, то во второй — со стороны сердечно-сосудистой системы. В частности, по сравнению с исходными данными в группе ДТ₂ отмечалось более высокое увеличение МОД — на 20,6 %, а в группе СТ₂ МОК — на 19,6 %. По данным средней концентрации гемоглобина увеличение по каждой группе было практически однозначным, соответственно на 1,5 и 1,8 %.

Таким образом, при более высокой интенсивности функционирования кислородтранспортных систем в обеспечении организма О₂ у вахтовиков обеих групп со стажем работы 2–2,5 года установлено неодинаковое «долевое участие» респираторного, циркуляторного и гематологического компонентов в формировании адаптационного потенциала организма к условиям производственной деятельности в Арктике.

При этом были выявлены статистически значимые межгрупповые различия по всем показателям. В частности, у лиц второй группы (СТ₂) по сравнению с первой (ДТ₂) установлены более высокий уровень соотношений МОК/О₂, МОК/МОД, ЧСС/ЧДД и более низкий УО/ЧСС, что может говорить о более высокой активации сердечно-сосудистой системы в обеспечении организма кислородом. В свою очередь, подтверждением типовой направленности компенсаторно-приспособительных реакций является установленная обратная закономерность у лиц первой группы с определением статистически значимых различий по показателям МОД/О₂, МОК/МОД и ЧСС/ЧДД, которые характеризуют более выраженную активацию у них внешнего дыхания. Это играет достаточно существенную роль в прогностической оценке функциональной активности сердечной деятельности и внешнего дыхания у вахтового контингента при производственной деятельности в условиях Арктики.

Также необходимым условием достоверного представления деятельности ФУС обеспечения организма О₂ является установление значений синтетического критерия напряжения всей совокупности эффекторов — ИПЭ. Как в первой группе (ДТ₂), так и во второй (СТ₂) по сравнению с исходными данными было определено увеличение данного показателя. Вместе с тем необходимо учитывать, что повышение ИПЭ, а также отношений объема О₂ к производительности кровообращения (МОС/О₂) и дыхания (МОД/О₂), в меньшей степени СКГ/О₂, по сравнению с исходными данными указывает на адекватное снижение эффективности как кислородтранспортных систем, так и всей ФУС, что в полной мере связано с более высоким уровнем напряжения организма в экологических условиях северного региона.

При этом отношение минутных объемов внешнего дыхания и кровообращения достаточно четко показывает приспособительные возможности этих подсистем. В данной ситуации более выраженное повышение у вахтовиков группы СТ₂ в сравнительном аспекте с группой ДТ₂ показателя МОК/МОД говорит о боль-

шем напряжении у них сердечно-сосудистой системы, а снижение МОД/МОК у ДТ₂ — о значительном напряжении дыхательной системы. В целом такое длительно продолжающееся и неконтролируемое состояние может приводить к срыву адаптационных возможностей организма и направленному формированию соответствующей патологии. Так, известно, что в условиях несоответствия повышенных обменных потребностей организма и сократительных возможностей миокарда дополнительное уменьшение коэффициента УО/ЧСС выступает как значимый показатель относительной недостаточности сердца. При этом малообъемная одышка, соответствующая снижению коэффициента ОВ/ЧДД, является рутинным клиническим выражением относительной недостаточности дыхательной системы [16].

Заключение

Установленные типологические особенности межсистемной адаптивной компенсации при производственной деятельности в условиях Арктики характеризуют различную («долевою») выраженность функциональной активности внешнего дыхания, сердечно-сосудистой системы и крови в достижении общего полезного приспособительного результата всей функциональной системы. В практическом плане полученные данные являются основой для выделения индивидуально-типологических критериев донозологической диагностики дисрегуляторных отклонений при напряженной производственной деятельности и направленной разработки мер профилактики и реабилитации. В связи с этим полученные данные настоящего исследования с одной стороны расширяют наши представления о физиологической норме и адаптационном потенциале лиц здоровой популяции, а с другой являются отправной базой для более глубокой оценки варибельности механизмов в обеспечении организма О₂ и функциональной направленности компенсаторно-приспособительных реакций организма при воздействии неблагоприятных факторов окружающей среды, в частности в циркумполярных условиях северных регионов.

Авторство

Колпаков В. В. разработал концепцию и дизайн исследования, принял участие в написании всех разделов статьи, утвердил окончательный ее вариант; Томилова Е. А. приняла участие в написании первого варианта статьи, участвовала в редактировании текста статьи, формулировании выводов; Беспалова Т. В. осуществила анализ полученных данных, приняла участие в формулировании выводов; Рыбцова Т. Н. приняла участие в сборе первичных данных и анализе полученных результатов.

Колпаков Виктор Васильевич — ORCID 0000-0001-6774-0968

Томилова Евгения Александровна — ORCID 0000-0003-1101-7628

Беспалова Татьяна Викторовна — ORCID 0000-0002-7210-0946

Рыбцова Татьяна Николаевна — ORCID 0000-0001-6938-5082

Список литературы / References

1. Авцын А. П., Марачев А. Г. Проявления адаптации и дизадаптации у жителей Крайнего Севера // Физиология человека. 1975. Т.1, № 4. С. 587–599.

Avtsyn A. P., Marachev A. G. Manifestations of adaptation and disadaptation in residents of the Far North. *Fiziologiya cheloveka*. 1975, 1 (4), pp. 587-599. [In Russian]

2. Агаджанян Н. А., Колпаков В. В., Фатеева Н. М. Вахтово-экспедиционная организация труда в условиях Севера (эколого-физиологические аспекты): монография. М.: Изд-во РУДН, 1999. 106 с.

Agadzhanyan N. A., Kolpakov V. V., Fateeva N. M. *Vakhtovo-ekspeditsionnaya organizatsiya truda v usloviyakh Severa (ekologo-fiziologicheskie aspekty)* [Shift-expeditionary organization of labor in the conditions of the North (ecological and physiological aspects)]. Moscow, 1999, 106 p.

3. Агаджанян Н. А., Баевский Р. М., Берсенева А. П. Проблемы адаптации и учение о здоровье. М.: Изд-во РУДН, 2006. 284 с.

Agadzhanyan N. A., Baevskii R. M., Berseneva A. P. *Problemy adaptatsii i uchenie o zdorov'e* [Problems of Adaptation and The Teaching of Health]. Moscow, 2006. 284 p.

4. Анохин П. К. Узловые вопросы теории функциональных систем. М.: Наука, 1980. 196 с.

Anokhin P. K. *Uzlovye voprosy teorii funktsional'nykh sistem* [Key issues of the theory of functional systems]. Moscow, Nauka Publ., 1980, 196 p.

5. Грибанов А. В., Гудков А. Б., Попова О. Н., Крайнова И. Н. Кровообращение и дыхание у школьников в циркулярных условиях. Архангельск: САФУ, 2016. 270 с.

Gribanov A. V., Gudkov A. B., Popova O. N., Krainova I. N. *Krovoobrashchenie i dykhanie u shkol'nikov v tsirkumpolyarnykh usloviyakh* [Blood circulation and breathing in schoolchildren in circumpolar conditions]. Arkhangelsk, 2016. 270 p.

6. Гудков А. Б., Ермолин С. П., Попова О. Н., Сарычев А. С. Функциональные изменения системы внешнего дыхания военнослужащих в Арктике в контрастные сезоны года // Экология человека. 2014. № 6. С. 3–7.

Gudkov A. B., Ermolin S. P., Popova O. N., Sarychev A. S. Functional Changes of Military Men's External Respiration System in Contrast Seasons in the Arctic. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2014, 6, pp. 3-7. [In Russian]

7. Гудков А. Б., Попова О. Н. Внешнее дыхание человека на европейском Севере: монография. Изд. 2-е, испр. доп. Архангельск: СГМУ, 2012. 252 с.

Gudkov A. B., Popova O. N. *Vneshnee dykhanie cheloveka na evropeiskom Severe: monografiya* [The External Breath of Man in the European North]. Arkhangelsk, 2012, 252 p.

8. Дмитриева Н. В., Глазачев О. С. Индивидуальное здоровье и полипараметрическая диагностика функциональных состояний организма. Горизонт, 2000. 214 с.

Dmitrieva N. V., Glazachev O. S. *Individual'noe zdorov'e i poliparametricheskaya diagnostika funktsional'nykh sostoyanii organizma* [Individual health and polyparametric diagnostics of functional states of the body]. Gorizont Publ., 2000. 214 p.

9. Доклад о состоянии здоровья населения и организации здравоохранения в Тюменской области по итогам деятельности за 2019 год / Департамент здравоохранения Тюменской области ГАУ ТО «Медицинский информационно-аналитический центр», 2020. 79 с.

Doklad o sostoyanii zdorov'ya naseleniya i organizatsii zdavoohraneniya v Tyumenskoj oblasti po itogam

deyatelnosti za 2019 god [Report on the state of public health and healthcare organization in the Tyumen region on the results of activities for 2019]. Tyumen, 2020, 79 p.

10. Евдокимов В. Г. Функциональное состояние сердечно-сосудистой и дыхательной систем человека на Севере: дис. ... д-ра биол. наук. Сыктывкар, 2004. 287 с.

Evdokimov V. G. *Funktsional'noe sostoyanie serdechno-sosudistoi i dykhatel'noi sistem cheloveka na Severe: dokt. diss.* [Functional state of the human cardiovascular and respiratory systems in the North. Doct. Diss.]. Syktyvkar, 2004, 287 p.

11. Еськов В. М., Гудков А. Б., Филатов М. А., Еськов В. В. Принципы гомеостатического регулирования функций организма в экологии человека // Экология человека. 2019. № 10. С. 41–49.

Eskov V. M., Gudkov A. B., Filatov M. A., Eskov V. V. Principles of Homeostatic Regulation of Functions in Human Ecology. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2019, 10, pp. 41-49. [In Russian]

12. Казначеев В. П. Очерки теории и практики экологии человека. М.: Наука, 1983. 260 с.

Kaznacheev V. P. *Ocherki teorii i praktiki ekologii cheloveka* [Essays on the theory and practice of human ecology]. Moscow, Nauka Publ., 1983. 260 p.

13. Корчин В. И., Корчина Т. Я., Терникова Е. М., Бигбулатова Л. Н., Лапенко В. В. Влияние климатогеографических факторов Ямало-Ненецкого автономного округа на здоровье населения // Журнал медико-биологических исследований. 2021. Т. 1, № 1. С. 77–88.

Korchin V. I., Korchina T. Ya., Ternikova E. M., Bigbulatova L. N., Lapenko V. V. Influence of Climatic and Geographical Factors of the Yamalo-Nenets Autonomous Okrug on the Health of Its Population. *Zhurnal mediko-biologicheskikh issledovaniy* [Journal of Medical and Biological Research]. 2021, 1 (1), pp. 77-88. [In Russian]

14. 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.

Krivoshechekov S. G. Biorhythmic Markers of Stress and Dysadaptation Condition at Work on a Rotational Basis in the North. *Rossiiskii fiziologicheskii zhurnal im. I. M. Sechenova* [Russian Journal of Physiology]. 2012, 98 (1), pp. 57-71. [In Russian]

15. Основы клинической гематологии: справочное пособие / под ред. Радченко В. Г. СПб.: Диалект, 2003. 304 с.

Osnovy klinicheskoi gematologii. Spravochnoe posobie [Fundamentals of Clinical Hematology: a Reference Guide], ed. Radchenko V. G. Saint Petersburg, Dialekt Publ., 2003. 304 p.

16. Респираторная медицина: руководство / в 3 т. под ред. А. Г. Чучалина; 2-е изд., перераб. и доп. М.: Литтерра, 2017. Т. 1. 640 с.

Respiratornaya meditsina: rukovodstvo [Respiratory Medicine: a Guide], ed. A. G. Chuchalin. Moscow, Litterra Publ., 2017, v. 1, 640 p.

17. Сидоренко Е. В. Методы математической обработки в психологии. СПб.: ООО «Речь», 2002. 350 с.

Sidorenko E. V. *Metody matematicheskoi obrabotki v psikhologii* [Methods of mathematical processing in psychology]. Saint Petersburg, 2002, 350 p.

18. Судаков К. В. Функциональные системы организма. М.: Медицина, 1987. 432 с.

Sudakov K. V. *Funktsional'nye sistemy organizma* [Functional systems of the body]. Moscow, Meditsina Publ., 1987, 432 p.

19. *Судаков К. В.* Системные механизмы саморегуляции здоровья // Вестник Международной академии наук. Русская секция. 2012. № 2. С. 13–19.

Sudakov K. V. System Mechanisms of Health Selfregulation. *Vestnik Mezhdunarodnoi akademii nauk. Russkaia sektiia* [Herald of the International Academy of Science. Russian Section]. 2012, 2, pp 13-19. [In Russian]

20. *Теддер Ю. Р., Гудков А. Б., Дегтева Г. Н., Симонова Н. Н.* Актуальные вопросы физиологии и психологии вахтового труда в Заполярье. Архангельск: Изд-во «Правда Севера», 1996. 127 с.

Tedder Yu. R., Gudkov A. B., Degteva G. N., Simonova N. N. *Aktual'nye voprosy fiziologii i psikhologii vakhtovogo truda v Zapolyar'e* [Topical issues of physiology and psychology of shift work in the Arctic]. Arkhangelsk, Pravda Severa Publ., 1996. 127 p.

21. *Фатеева Н. М., Колпаков В. В.* Адаптация человека к условиям Крайнего Севера. Изд-во ОГУП «Шадринский дом печати», 2011. 258 с.

Fateeva N. M., Kolpakov V. V. *Adaptatsiya cheloveka k usloviyam Krainego Severa* [Human adaptation to the conditions of the Far North]. Shadrinskii dom pečhati Publ., 2011, 258 p.

22. *Филатова О. Е., Гудков А. Б., Еськов В. В., Чемпалова Л. С.* Понятие однородности группы в экологии человека // Экология человека. 2020. № 2. С. 40–44.

Filatova O. E., Gudkov A. B., Eskov V. V., Chempalova L. S. The Concept of Uniformity of a Group in Human Ecology. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2020, 2, pp. 40-44. [In Russian]

23. *Колпаков В. В., Томилова Е. А., Ларкина Н. Ю., Столбов М. В., Ткачук А. А., Беспалова Т. В.* Chronobiological assessment of habitual physical activity in humans in Western Siberia. *Human Physiology*. 2016, 42 (2), pp. 203-213.

24. *Колпаков В. В., Томилова Е. А., Шторк Т. Е., Мамчич Е. В., Ларкина Н. Ю., Ткачук А. А., Беспалова Т. В.* Systemic Analysis: Individual Typological Characteristics of the Human Body. *Human Physiology*. 2011, 37 (6), pp. 738-749.

25. *Зайтсева В., Сонкин В.* Statistical and Physiological Distinction of Constitution Types. *J Physiol Anthropol Appl Human Sci*. 2005, 24 (4), p. 327.

Контактная информация:

Томилова Евгения Александровна — доктор медицинских наук, доцент, профессор кафедры нормальной физиологии ФГБОУ ВО «Тюменский государственный медицинский университет» Минздрава России

Адрес: 625023, Тюменская область, г. Тюмень, ул. Одесская, д. 54

E-mail: tomilovaea@mail.ru