

УДК 612.592:612.216.2

ОСОБЕННОСТИ РЕАКЦИИ СИСТЕМЫ ВНЕШНЕГО ДЫХАНИЯ НА ЛОКАЛЬНОЕ ОХЛАЖДЕНИЕ КОЖИ КИСТИ И СТОПЫ У МОЛОДЫХ ЛИЦ ТРУДОСПОСОБНОГО ВОЗРАСТА

© 2015 г. ^{1,2}А. Б. Гудков, ²А. А. Шаньгина, ²Д. М. Федотов, ²А. В. Грибанов¹ Северный государственный медицинский университет, г. Архангельск² Северный (Арктический) федеральный университет имени М. В. Ломоносова, г. Архангельск

Изучено изменение статических и динамических показателей функции внешнего дыхания при локальном охлаждении кожи кисти и стопы у 30 юношей и 30 девушек в возрасте 18–24 лет, родившихся и постоянно проживающих на Европейском Севере России. Исследование выполнялось при помощи эргоспирометрической системы Оксикон Про (OxyconPro). На начальном этапе методом спирографии оценивались показатели функционального состояния внешнего дыхания. Следующий этап заключался в проведении локального охлаждения кожи кисти. Обследуемый опускал кисть на 1 мин в сосуд с водой, температура которой последовательно составляла 24, 15 и 8 °С. Сразу после охлаждения проводилась повторная спирография. Интервал восстановления между пробами составлял 25–30 мин. В такой же последовательности проводилось охлаждение стопы и осуществлялась спирография.

Установлено, что локальное охлаждение значимо влияет на некоторые показатели внешнего дыхания. Так, при холодовом воздействии на периферические терморецепторы кожи как кисти, так и стопы у девушек наблюдается статистически значимое увеличение показателей минутного объема дыхания (МОД) и частоты дыхания (ЧД), а у юношей подобная реакция выявлена только при охлаждении стопы. У юношей при охлаждении кисти статистически значимо возросла лишь величина ЧД, при этом показатели максимальной вентиляции легких и резерва дыхания (РД) значимо снизились. Кроме этого при холодовом воздействии на кожу стопы у юношей произошло снижение показателей РД.

Ключевые слова: локальное охлаждение, кисть, стопа, внешнее дыхание, молодые лица трудоспособного возраста

FEATURES OF EXTERNAL BREATH SYSTEM REACTION (RESPONSE) TO LOCAL COOLING OF HAND AND FOOT SKIN IN YOUNG ABLE-BODIED PERSONS

^{1,2}A. B. Gudkov, ²A. A. Shangina, ²D. M. Fedotov, ²A. V. Gribanov¹Northern State Medical University, Arkhangelsk²Northern (Arctic) Federal University named after M. V. Lomonosov, Arkhangelsk, Russia

Changes of static and dynamic indicators of the external breath function during local cooling of the hand and foot skin in 30 young men and 30 girls aged 18–24 years which were born and constantly lived in the European North of Russia has been studied. The study was carried out with the ergospirometry system Oxycon Pro. At the initial stage, the indicators of functional state of external breath were estimated with the spirometry. The following stage consisted of carrying out local cooling of the hand skin. The examinee put down a hand for 1 minute in a vessel with water which temperature successively was 24° C, 15° C and 8° C. Right after cooling repeated spirometry was performed. The restoration interval between the tests was 25–30 minutes. In the same sequence, cooling of feet was carried out, and spirometry was performed.

It has been established that local cooling significantly influenced some indicators of external breath. Thus during cold impact on the skin peripheral thermoreceptors both of the hands and feet of the girls, a statistically significant increase in the respiratory minute volume (RMV) and respiratory rate (RR) indicators was observed, and in the young men, similar reactions were revealed only during feet cooling. During cooling of the young men's hands, only the RR value increased significantly, while the maximal breathing capacity (MBC) values and the breathing reserve (BR) values significantly decreased. Besides, a decrease in the RR indicators during cold impact on the foot skin in the young men was observed.

Keywords: local cooling, hand, foot, external breath, young able-bodied persons

Библиографическая ссылка:

Гудков А. Б., Шаньгина А. А., Федотов Д. М., Грибанов А. В. Особенности реакции системы внешнего дыхания на локальное охлаждение кожи кисти и стопы у молодых лиц трудоспособного возраста // Экология человека. 2015. № 8. С. 32–37.

Gudkov A. B., Shangina A. A., Fedotov D. M., Gribanov A. V. Features of External Breath System Reaction (Response) to Local Cooling of Hand and Foot Skin in Young Able-Bodied Persons. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2015, 8, pp. 32–37.

При проживании человека на Севере значительное влияние на функциональное состояние организма оказывает неблагоприятное воздействие комплекса факторов среды обитания: сочетание колебаний температуры и атмосферного давления, высокая от-

носительная и низкая абсолютная влажность, жесткий ветровой режим, значительные изменения солнечной активности, своеобразие поведения магнитных полей, резкая фотопериодичность и выраженный УФ-дефицит [1, 2, 7, 15]. Наиболее уязвимы к влиянию данных кли-

матогеографических факторов сердечно-сосудистой и дыхательной системы [6, 10, 11, 13]. В реальных климатических и производственных условиях Севера чаще всего локальному охлаждению подвергаются лицо, верхние дыхательные пути, а также кисти и стопы, влияя на функцию внешнего дыхания и в конечном итоге на физическую работоспособность [3, 12].

Известно, что существуют три зоны холодового воздействия, которые могут вызвать легкое напряжение организма человека (при температуре охлаждения конечностей 24 °С), среднее (при температуре охлаждения 15 °С) и сильное (при температуре охлаждения 8 °С) [16].

К настоящему времени накоплены значительные сведения о влиянии локальной гипотермии на организм человека [4, 5, 9]. В частности, подробно изучены реакции дыхательной системы на локальное охлаждение кожи кисти и стопы у мужчин и женщин при температуре холодового воздействия в диапазоне от 4 до 11 °С [4, 5, 14, 17]. Однако данных, описывающих динамику функциональных изменений внешнего дыхания при охлаждении конечностей температурой 24 и 15 °С нами не обнаружено.

В связи с этим целью данного исследования стало выявление особенностей реакции статических и динамических показателей внешнего дыхания у молодых лиц трудоспособного возраста при воздействии на кожу кисти и стопы температур, способных вызывать легкое и среднее напряжение организма.

Методы

Изучены показатели внешнего дыхания у 30 юношей и 30 девушек в возрасте 18–24 лет, родившихся и постоянно проживающих на Европейском Севере России, при локальном охлаждении кожи кисти и стопы. Исследование осуществлено с соблюдением этических норм, изложенных в Хельсинкской декларации. В число обследуемых не были включены юноши и девушки, имеющие значительные отклонения в состоянии здоровья, хронические заболевания органов дыхания, курящие и перенесшие какие-либо острые заболевания за последние три месяца. Исследование выполнялось при помощи эргоспирометрической системы Оксикон Про (OxiconPro).

На начальном этапе методом спирографии оценивались следующие показатели: дыхательный объем (ДО), минутный объем дыхания (МОД), частота дыхания (ЧД), жизненная емкость легких (ЖЕЛ), максимальная вентиляция легких (МВЛ). Для оценки функциональных способностей аппарата внешнего дыхания был рассчитан резерв дыхания (РД).

Следующий этап заключался в проведении локального охлаждения кожи кисти. Обследуемый опускал кисть на 1 мин в сосуд с водой, температура которой последовательно составляла 24, 15 и 8 °С. Сразу после охлаждения проводилась повторная спирография. Интервал восстановления между пробами составлял 25–30 мин [8]. В такой же последовательности прово-

дилось охлаждение стопы и осуществлялась спирография.

Математико-статистическая обработка данных выполнялась с помощью статистического пакета SPSS 21.0. Проверка на нормальность осуществлялась согласно критерию Шапиро – Уилка. Результаты описательной статистики для данных, подчиняющихся закону нормального распределения, представлялись в виде среднего значения (M) и стандартного отклонения (s), для данных, не подчиняющихся закону нормального распределения, – в виде медианы (Md), первого и третьего квартилей ($Q1$ и $Q3$ соответственно). В случае нормального распределения переменных применялся дисперсионный анализ для зависимых выборок, для попарных сравнений – параметрический двухвыборочный t -критерий Стьюдента для зависимых выборок. При ненормальном распределении данных использовался критерий Фридмана, для попарных сравнений – непараметрический двухвыборочный критерий Вилкоксона. Критический уровень значимости (p) принимался равным $p \leq 0,05$.

Результаты

Как у девушек, так и у юношей отмечено статистически значимое изменение некоторых показателей легочной вентиляции с понижением температуры локального холодового воздействия на кожу кисти (табл. 1).

Так, у девушек по сравнению с фоновыми значениями после охлаждения кисти водой с температурой 24, 15 и 8 °С наблюдалось статистически значимое увеличение показателей минутного объема дыхания от 22,2 до 40,0 % и частоты дыхания от 14,6 до 18,6 % (табл. 2). Показатели дыхательного объема, максимальной вентиляции легких, резерва дыхания, жизненной емкости легких статистически значимо не изменялись.

У юношей при локальном охлаждении кисти водой, температура которой составила 24 °С, наблюдалось статистически значимое увеличение частоты дыхания почти на 20 %, снижение резерва дыхания и максимальной вентиляции легких почти на 10 %. Также отмечено снижение резерва дыхания при температуре воды 15 °С, в то время как величины дыхательного объема, минутного объема дыхания и жизненной емкости легких статистически значимо не менялись (см. табл. 2).

После локального охлаждения стопы, как и после охлаждения кисти, отмечаются однонаправленные изменения динамики показателей внешнего дыхания как у девушек, так и у юношей (табл. 3).

Так, у девушек статистически значимо возрастают величины минутного объема дыхания на 39,9–47,5 % и частоты дыхания на 15,1–26,6 % (табл. 4). Остальные показатели статистически значимо не изменились. Следует подчеркнуть, что при локальном охлаждении стопы наблюдаются более выраженные изменения показателей функции внешнего дыхания относительно холодового воздействия на кисть.

Таблица 1

Изменение статических и динамических показателей внешнего дыхания у юношей и девушек в ответ на локальное охлаждение кисти n = 30 (д), n = 30 (м)

Показатель	Пол	Исходное состояние (до охлаждения)	После локального охлаждения на 24 (2), 15 (3) и 8 °С (4)			P	P ₁₋₂	P ₁₋₃	P ₁₋₄	P ₂₋₃	P ₂₋₄	P ₃₋₄
		1	2	3	4							
МОД ² , л/мин	М	15,08 (10,29–18,99)	17,15 (12,38–20,77)	15,62 (10,66–20,37)	16,72 (12,23–23,71)	0,308						
	Ж	10,17 (7,96–12,46)	12,43 (9,19–16,38)	12,54 (9,40–16,55)	14,24 (10,07–16,95)	0,001	0,001	0,001	0,001	0,441	0,221	0,371
ДО ² , л	М	1,14 (0,8–1,43)	0,99 (0,78–1,32)	1,04 (0,83–1,29)	1,07 (0,77–1,31)	0,689						
	Ж	0,75 (0,62–1,08)	0,78 (0,59–0,99)	0,83 (0,62–1,09)	0,82 (0,73–1,04)	0,262						
ЧД ^{1,2} , 1/мин	М	14,15±4,17	16,58±5,44	15,45±4,54	15,83±5,91	0,005	<0,001	0,091	0,112	0,506	1,000	1,000
	Ж	13,31 (10,76–15,45)	15,79 (13,69–19,04)	15,25 (13,19–18,39)	15,40 (12,87–17,86)	0,002	<0,001	0,003	0,011	0,048	0,242	0,538
ЖЕЛ ^{1,2} , л	М	5,23±0,58	5,25±0,54	5,27±0,53	5,24±0,56	0,782						
	Ж	3,94 (3,46–4,44)	3,88 (3,51–4,40)	3,93 (3,43–4,45)	3,85 (3,44–4,52)	0,739						
МВЛ ^{1,2} , л/мин	М	129,20±31,08	119,35±29,39	122,81±28,15	124,69±33,42	0,017	0,033	0,423	1,000	0,799	0,125	1,000
	Ж	94,73 (75,92–104,89)	87,34 (75,85–100,77)	95,42 (75,38–108,15)	94,43 (76,09–103,14)	0,295						
РД ^{1,2} , л/мин	М	113,42±30,09	102,34±28,18	106,29±26,88	107,12±31,45	0,008	0,001	0,030	1,000	0,799	0,125	1,000
	Ж	84,36 (66,39–93,62)	76,62 (62,51–84,48)	83,24 (62,12–93,56)	79,66 (61,55–92,23)	0,089						

Примечание. Сравнение зависимых выборок осуществлялось с помощью: 1 – параметрического критерия Т-Стьюдента (M ± s); 2 – непараметрического критерия Т-Вилкоксона, Md (Q1–Q3).

Таблица 2

Изменение показателей внешнего дыхания в ответ на локальное охлаждение кисти температурой воды 24 (1), 15 (2) и 8 °С (3), % к исходному

Показатель	Юноши (n = 30)			Девушки (n = 30)		
	1	2	3	1	2	3
МОД	13,7	3,6	10,9	22,2***	23,3***	40,0***
ДО	-13,1	-8,8	-6,1	4	10,7	9,3
ЧД	17,2***	9,2	11,9	18,6***	14,6**	15,7**
ЖЕЛ	0,4	0,8	0,2	-1,5	-0,3	-2,3
МВЛ	-7,6*	-4,9	-3,5	-7,8	0,7	-0,3
РД	-9,8***	-6,3*	-5,6	-9,2	-1,3	-5,6

Примечание. Изменения по сравнению с исходным состоянием статистически значимы: * – p ≤ 0,05; ** – p ≤ 0,01; *** – p ≤ 0,001.

Локальное охлаждение стопы у юношей привело к статистически значимому возрастанию частоты дыхания на 13,3–14,9 %, минутного объема дыхания на 13,1 % (только при воздействии воды с температурой 8 °С) и снижению резерва дыхания на 7,9–8,5 %. Показатели дыхательного объема, жизненной емкости легких и максимальной вентиляции легких не имели статистически значимых изменений (см. табл. 4).

Обсуждение результатов

При анализе результатов реакции системы внешнего дыхания на локальное охлаждение кожи кисти

и стопы у молодых лиц трудоспособного возраста, проживающих в условиях Европейского Севера России, наблюдаются статистически значимые изменения только динамических показателей функции внешнего дыхания, в отличие от статических показателей, которые значимо не изменялись.

Можно предположить, что изменение величин внешнего дыхания связано с тем, что возбуждение холодовых рецепторов кожи приводит к активации центров терморегуляции, что активизирует эрготропную активность симпатической нервной системы. В свою очередь, возбуждение симпатической нервной системы

Таблица 3

Изменение статических и динамических показателей внешнего дыхания у юношей и девушек в ответ на локальное охлаждение стопы n = 30 (д), n = 30 (м)

Показатель	Пол	Исходное состояние (до охлаждения)	После локального охлаждения на 24 (2), 15 (3) и 8 °С (4)			p	P ₁₋₂	P ₁₋₃	P ₁₋₄	P ₂₋₃	P ₂₋₄	P ₃₋₄
			1	2	3							
МОД ² , л/мин	М	15,08 (10,29–18,96)	16,11 (10,52–24,03)	16,99 (9,49–20,81)	17,06 (10,70–24,39)	0,030	0,063	0,478	0,047	0,027	0,611	0,017
	Ж	10,17 (7,95–12,50)	14,23 (9,26–17,98)	15,00 (8,96–18,91)	14,87 (10,92–21,30)	0,001	0,001	0,001	0,001	0,441	0,221	0,371
ДО ² , л	М	1,14 (0,80–1,43)	0,99 (0,75–1,43)	0,88 (0,78–1,26)	1,13 (0,81–1,29)	0,088						
	Ж	0,75 (0,62–1,08)	0,85 (0,59–1,10)	0,87 (0,63–1,10)	0,90 (0,68–1,15)	0,262						
ЧД ¹ , 1/мин	М	14,15±4,17	16,26±6,05	16,03±6,30	16,11±5,54	0,006	0,024	0,161	0,027	1,000	1,000	1,000
	Ж	13,68±3,15	15,74±4,85	16,27±5,60	17,32±5,69	<0,001	0,001	0,009	0,052	0,942	1,000	1,000
ЖЕЛ ^{1,2} , л	М	5,23±0,58	5,24±0,60	5,25±0,67	5,26±0,70	0,863						
	Ж	3,94 (3,46–4,44)	3,90 (3,46–4,51)	3,95 (3,43–4,47)	3,88 (3,44–4,39)	0,739						
МВЛ ^{1,2} , л/мин	М	129,20±31,08	121,94±29,66	120,02±30,99	127,27±32,44	0,032	0,465	0,087	1,000	1,000	0,031	0,024
	Ж	94,90±22,88	91,66±19,14	91,74±21,40	93,18±20,39	0,152						
РД ^{1,2} , л/мин	М	113,42±30,09	104,35±27,42	103,78±29,23	109,09±31,28	0,015	0,022	0,007	0,262	0,940	0,016	0,050
	Ж	83,72±22,84	76,78±21,44	76,38±23,77	76,82±22,63	0,074						

Примечание. Сравнение зависимых выборок осуществлялось с помощью: 1 – параметрического критерия Т-Стьюдента, (M±s); 2 – непараметрического критерия Т-Вилкоксона, Md(Q1–Q3).

Таблица 4

Изменение показателей внешнего дыхания в ответ на локальное охлаждение стопы температурой воды 24 (1), 15 (2) и 8 °С (3), % к исходному

Показатель	Юноши (n = 30)			Девушки (n = 30)		
	1	2	3	1	2	3
МОД	6,8	12,7	13,1*	39,9***	47,5***	46,2***
ДО	-13,2	-22,8	11,7	13,3	16	20
ЧД	14,9*	13,3	13,9*	15,1***	18,9**	26,6*
ЖЕЛ	0,2	1,0	0,6	-1,0	0,3	-1,5
МВЛ	-5,6	-7,1	1,5	-3,4	-3,3	-1,8
РД	-7,9*	-8,5**	-3,8	-8,3	-8,8	-8,2

Примечание. Изменения по сравнению с исходным состоянием статистически значимы: * – p ≤ 0,05; ** – p ≤ 0,01; *** – p ≤ 0,001.

приводит к увеличению частоты дыхания, которая вызывает возрастание минутного объема дыхания.

При оценке функционального состояния дыхательной системы важнейшее значение имеет вопрос о резервах дыхательной системы. Считается, что их можно оценивать по показателям максимальной вентиляции легких и резерва дыхания. Локальное холодное воздействие на кожу кисти у юношей показало значимое снижение максимальной вентиляции легких и резерва дыхания при температуре воды 24 °С. Это может быть связано с уменьшением бронхиальной проходимости, причем лишь под воздействием температуры, вызывающей легкое напряжение организма.

Таким образом, холодовая стимуляция перифериче-

ских терморепторов кожи кисти и стопы приводит к существенным и статистически значимым изменениям динамических показателей внешнего дыхания. Эти изменения более выражены при охлаждении стопы, чем при охлаждении кисти, что может объясняться большей адаптированностью периферических терморепторов кисти к воздействию низких температур. При этом у девушек возникают более существенные изменения вне зависимости от температуры воздействия, чем у юношей. Полученные результаты необходимо учитывать при разработке нормативных документов, определяющих требования к условиям труда женщин в условиях охлаждающего микроклимата.

Список литературы

1. Агаджанян Н. А., Ермакова Н. В. Экологический портрет человека на Севере. М. : КРПК, 1997. 208 с.
2. Гудков А. Б., Лабутин Н. Ю. Влияние специфических факторов Заполярья на функциональное состояние организма человека // Экология человека. 2000. № 2. С. 18–20.
3. Гудков А. Б., Сарычев А. С., Лабутин Н. Ю. Реакции кардиореспираторной системы нефтяников на экспедиционный режим труда в Заполярье // Экология человека. 2005. № 8. С. 43–48.
4. Козырева Т. В., Симонова Т. Г., Гришин О. В. Влияние локального охлаждения кожи на спирометрические показатели человека // Бюллетень Сибирского отделения Российской академии медицинских наук. 2002. № 1 (103). С. 71–73.
5. Козырева Т. В., Симонова Т. Г. Реакция системы дыхания на быстрое локальное охлаждение // Физиология человека. 1994. Т. 20, № 4. С. 177–179.
6. Кубушка О. Н., Гудков А. Б. Особенности структуры жизненной емкости легких у северян старшего школьного возраста // Вестник Поморского университета. Серия: Физиологические и психолого-педагогические науки. 2003. № 1. С. 42–50.
7. Никитин Ю. П., Хаснулин В. И., Гудков А. Б. Современные проблемы северной медицины и усилия учёных по их решению // Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Серия: Медико-биологические науки. 2014. № 3. С. 63–72.
8. Орлов Г. А. Хроническое поражение холодом. М. : Медицина, 1978. 168 с.
9. Пащенко А. В., Гудков А. Б., Волосевич А. И. Реакция срединных структур головного мозга на локальное охлаждение по данным ЭЭГ // Экология человека. 2001. № 4. С. 43–45.
10. Попова О. Н., Глебова Н. А., Гудков А. Б. Компенсаторно-приспособительная перестройка системы внешнего дыхания у жителей Крайнего Севера // Экология человека. 2008. № 10. С. 31–33.
11. Хаснулин В. И., Хаснулин П. В. Современные представления о механизмах формирования северного стресса у человека в высоких широтах // Экология человека. 2012. № 1. С. 3–11.
12. 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.
13. Шишкин Г. С., Устюжанинова Н. В. Функциональные состояния внешнего дыхания здорового человека. Новосибирск : Изд-во Сибирского отделения Российской академии наук, 2012. 329 с.
14. Cotter J. D., Zeyl A., Keizer E., Taylor N. A. The role of local skin temperature in determining the perception of local and whole-body thermal state. Tel Aviv, Israel, 1996. P. 85–88.
15. Hasnulin V. Geophysical perturbations as the main cause of Northern stress // Alaska medicine. 2007. Vol. 49, N 2. P. 237–245.
16. Holmer I. Risk assessment in cold environment // Barents. 1998. Vol. 1, N 3. P. 77–79.
17. Mekjavic I. B., Prairie A. La, Burke A., Lindborg B. Respiratory drive during sudden cold water immersion // Respir. Physiol. 1987. Vol. 70, N 1. P. 121–130.

References

1. Agadzhanjan N. A., Ermakova N. V. *Ekologicheskii portret cheloveka na Severe* [Environmental portrait of a man in the North]. Moscow, 1997., 208 p.
2. Gudkov A. B., Labutin N. Yu. Influence of specific polar factors on functional state of human organism. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2000, 2, pp. 18-20. [in Russian]
3. Gudkov A. B., Sarychev A. S., Labutin N. Yu. Reaction of cardiorespiratory system of oil industry workers to expedition work regime in Polar region. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2005, 8, pp. 43-48. [in Russian]
4. Kozyreva T. V., Simonova T. G., Grishin O. V. Influence of skin local cooling on spirometric indicators of the person. *Byulleten' Sibirskogo otdeleniya Rossiyskoy akademii meditsinskikh nauk* [Bulletin of Siberian Branch of Russian Academy of Medical Sciences]. 2002, 1 (103), pp. 71-73. [in Russian]
5. Kozyreva T. V., Simonova T. G. Breath system response to fast local cooling. *Fiziologiya cheloveka* [Human Physiology]. 1994, 20 (4), pp. 177-179. [in Russian]
6. Kubushka O. N., Gudkov A. B. Features of pulmonary capacity structure in northerners of the high school age. *Vestnik Pomorskogo universiteta* [Bulletin of the Pomor university. Series: Physiological, psychological and pedagogical sciences]. 2003, 1, pp. 42-50. [in Russian]
7. Nikitin Yu. P., Khasnulin V. I., Gudkov A. B. Contemporary problems of Northern medicine and researchers' efforts to solve them. *Vestnik Severnogo (Arkticheskogo) federal'nogo universiteta. Seriya: Mediko-biologicheskie nauki* [Vestnik of Northern (Arctic) Federal University. Series: Medical and biological sciences]. 2014, 3, pp. 63-72. [in Russian]
8. Orlov G. A. *Hronicheskoe porazhenie holodom* [Chronic cold damage]. Moscow, 1978, 168 p.
9. Pashhenko A. V., Gudkov A. B., Volosevich A. I. Reaction of medial brain structures to local cooling according to EEG data. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2001, 4, pp. 43-45. [in Russian]
10. Popova O. N., Glebova N. A., Gudkov A. B. Compensatory-adaptive change of external respiration system in far north residents. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2008, 10, pp. 31-33. [in Russian]
11. Hasnulin V. I., Hasnulin P. V. Modern concepts of the mechanisms forming northern stress in humans in high latitudes. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2012, 1, pp. 3-11. [in Russian]
12. Chashchin V. P., Syurin S. A., Gudkov A. B., Popova O. N., Voronin A. Ju. Influence of industrial pollution of ambient air on health of workers engaged into open air activities in cold conditions. *Meditsina truda i promyshlennaia ekologiya* [Occupational Medicine and Industrial Ecology]. 2014, 9, pp. 20-26. [in Russian]
13. Shishkin G. S., Ustyuzhaninova N. V. *Funkcional'nye sostojaniya vneshnego dyhaniya zdorovogo cheloveka* [Functional conditions of external breath in healthy person]. Novosibirsk, Siberian Branch of Russian Academy of Medical Sciences Publ., 2012, 329 p.
14. Cotter J. D., Zeyl A., Keizer E., Taylor N. A. *The role of local skin temperature in determining the perception of local and whole-body thermal state*. Tel Aviv, Israel, 1996, pp. 85-88.
15. Hasnulin V. Geophysical perturbations as the main cause of Northern stress. *Alaska medicine*. 2007, 49 (2), pp. 237-245.

16. Holmer I. Risk assessment in cold environment. *Barents*. 1998, 1 (3), pp. 77-79.

17. Mekjavic I. B., Prairie A. La, Burke A., Lindborg B. Respiratory drive during sudden cold water immersion. *Respir. Physiol*. 1987, 70 (1), pp. 121-130.

Контактная информация:

Гудков Андрей Борисович – доктор медицинских наук, профессор, директор института гигиены и экологии человека ГБОУ ВПО «Северный государственный

медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, главный научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории функциональных резервов организма института медико-биологических исследований ФГОУ ВПО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М. В. Ломоносова» Министерства образования и науки РФ, заслуженный работник высшей школы РФ

Адрес: 163000, г. Архангельск, пр. Троицкий, д. 51

Тел. (8182) 21-50-93

E-mail: gudkovab@nsmu.ru