



Оценка реакции организма военнослужащих в Арктике по показателям крови в условиях водопользования местными ресурсами

Р.С. Рахманов¹, Д.А. Нарутдинов², Е.С. Богомолова¹, С.А. Разгулин¹, М.Х. Аликберов³, Д.В. Непряхин¹

¹ ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» Минздрава России, пл. Минина и Пожарского, д. 10/1, г. Нижний Новгород, 603950, Российская Федерация

² ФГБОУ ВО «Красноярский государственный медицинский университет им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого» Минздрава России, ул. Партизана Железняка, д. 1, г. Красноярск, 660022, Российская Федерация

³ ФГБОУ ВО «Омский государственный медицинский университет» Минздрава России, ул. Ленина, д. 12, г. Омск, 644099, Российская Федерация

Резюме

Введение. Стабильность физико-химических параметров жидкостей внутренней среды отражает степень влияния факторов внешней среды на организм.

Цель: оценить реакцию организма военнослужащих в Арктике по показателям крови в условиях использования талой из снега питьевой воды.

Материалы и методы. Проводили общеклинический анализ венозной крови, определяли электролиты ($n = 51$). Исследовали санитарно-химические показатели питьевой воды из талого снега. Наблюдение провели в июне-августе 2022 г.

Результаты. Длительность работ в Арктике за 76° с. ш. составила $5,7 \pm 0,3$ года. В пробах воды железо было ниже допустимого уровня в 1,2–1,6 раза, медь – в 22,2, цинк – в 52,1, натрий – в 11,6–21,9, магний – в 5,7–29,1, кальций – в 9,0–34,1. Незначительным было содержание калия. По индивидуальным данным низкие или находящиеся на уровне нижней границы нормы значения эритроцитов выявлены у 39,2 %, гематокрит – у 19,6 %, средняя концентрация гемоглобина в эритроците – у 13,7 %. Повышенный средний объем эритроцита выявлен у 17,6 %. Доля палочкоядерных нейтрофилов составила $0,55 \pm 0,04$ % при норме 1–6 %. Наличие электролитного дисбаланса в организме доказывали превышение в сыворотке крови калия у 21,6 %, недостаток ионизированного кальция у 29,4 %, магния у 17,6 %; натрий, фосфор, хлор в нижней зоне нормы у 29,4–47,1 % обследованных.

Выводы. Талая из снега вода низкоминерализована, с низким содержанием минеральных веществ. Длительное использование для питьевых нужд воды приводит к нарушению водно-солевого обмена организма, соответствующему гипотонической гипергидратации, а также, возможно, и влиянию на неспецифическую резистентность организма.

Ключевые слова: Арктика, военнослужащие, гемограммы, водно-солевой обмен.

Для цитирования: Рахманов Р.С., Нарутдинов Д.А., Богомолова Е.С., Разгулин С.А., Аликберов М.Х., Непряхин Д.В. Оценка реакции организма военнослужащих в Арктике по показателям крови в условиях водопользования местными ресурсами // Здоровье населения и среда обитания. 2023. Т. 31. № 7. С. 48–54. doi: 10.35627/2219-5238/2023-31-7-48-54

Assessment of the Body Response to Snowmelt Water Consumption in Military Personnel Serving in the Arctic Based on Blood Parameters

Rofail S. Rakhmanov,¹ Denis A. Narutdinov,² Elena S. Bogomolova,¹ Sergei A. Razgulin,¹ Murat Kh. Alikberov,³ Dmitry V. Nepryakhin¹

¹ Privolzhsky Research Medical University, 10/1 Minin and Pozharsky Square, Nizhny Novgorod, 603950, Russian Federation

² Krasnoyarsk State Medical University named after Prof. V.F. Voyno-Yasensky, 1 Partizan Zheleznyak Street, Krasnoyarsk, 660022, Russian Federation

³ Omsk State Medical University, 12 Lenin Street, Omsk, 644099, Russian Federation

Summary

Introduction: Stability of physicochemical parameters of body fluids reflects the degree of influence of environmental factors on the body.

Objective: To assess the body response to snowmelt water consumption for drinking purposes in military personnel serving in the Arctic based on blood parameters.

Material and methods: The study was conducted in summer 2022. We took snowmelt water samples for chemical analysis and venous samples from 51 servicemen for a complete blood count and electrolyte measurements.

Results: Snowmelt testing showed that the levels of iron were 1.2–1.6, copper – 22.2, zinc – 52.1, sodium – 11.6 to 21.9, magnesium – 5.7 to 29.1, and calcium – 9.0 to 34.1 times lower than reference concentrations. Potassium levels were negligible. The length of service of the study subjects in the Arctic above the 76th parallel North was 5.7 ± 0.3 years. Blood test results showed low or lower normal values of erythrocyte count in 39.2 %, hematocrit – in 19.6 %, and mean hemoglobin – in 13.7 % of the military personnel. A high mean corpuscular volume was detected in 17.6 % of them. The proportion of stab neutrophils in the sample was 0.55 ± 0.04 % with the normal range of 1 to 6 %. The electrolyte imbalance was evidenced by high serum potassium levels in 21.6 %, a lack of ionized calcium and magnesium in 29.4 % and 17.6 %, respectively, and sodium, phosphorus, and chlorine levels at the lower limit of the normal range in 29.4 to 47.1 % of the examined.

Conclusions: Snowmelt water contains low concentrations of inorganic chemicals. Its long-term daily consumption for drinking purposes leads to electrolyte imbalance in the body, such as hypotonic water overload, and is likely to affect nonspecific resistance.

Keywords: Arctic, servicemen, hemogram, electrolyte imbalance.

For citation: Rakhmanov RS, Narutdinov DA, Bogomolova ES, Razgulin SA, Alikberov MH, Nepryakhin DV. Assessment of the body response to snowmelt water consumption in military personnel serving in the Arctic based on blood parameters. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2023;31(7):48–54. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2023-31-7-48-54

Введение. Неблагоприятное влияние условий среды обитания и профессиональных факторов отражается на физиологических константах организма работающих, среди которых показатели крови [1–5]. Показатели гемограмм оцениваются у различных когорт здоровых [6–11], для изучения реакции организма в период адаптации к синергичным факторам обучения [12, 13], в спорте [14, 15].

Их изменения обнаруживаются и при влиянии климатических условий Арктики [16]. В условиях полярной ночи у летного состава с диагнозом тех или иных сердечно-сосудистых заболеваний при приспособлении к летному труду выявлены статистически значимые изменения в периферической крови [17, 18].

При этом отмечается, что стабильность физико-химических параметров жидкостей внутренней среды наиболее четко отражает степень влияния факторов внешней среды на организм по сравнению, например с изменением уровня гормонов, диапазоном колебаний концентрации веществ в моче [19].

Цель исследования – оценить реакцию организма военнослужащих в Арктике по показателям крови в условиях использования талой из снега питьевой воды.

Материалы и методы. Наблюдение провели в июне–августе 2022 г.

Объект исследования – венозная кровь военнослужащих, проходящих службу по контракту ($n = 51$). Отбор проб крови проведен методом случайной выборки. Наблюдаемая группа осуществляла профессиональную деятельность в Арктике на территории за 73° с. ш. Пробы крови (примерно через 12 часов голодания, воздержания от приема алкоголя и курения) отбирала медицинская сестра Таймырской межрайонной больницы (г. Дудинка) утром натощак в вакуумные пробирки. Они укладывались в штатив и контейнер без заморозки крови, доставлялись к 11.30 в аэропорт г. Норильска, самолетом доставлялись в Красноярск. В 16.00 пробы поступали в Центральную научно-исследовательскую лабораторию Красноярского государственного медицинского университета (ЦНИЛ). Стандартными методами анализировали показатели красной, белой частей и тромбоцитов¹. Анализ крови и содержание в плазме электролитов (кальций общий, магний, фосфор неорганический) определяли гематологической системой фирмы Abbott (США), анализатором AU5800, кальций ионизированный, калий, натрий, хлориды – анализатором электролитов AVL9180.

Определили длительность профессиональной деятельности в условиях Арктики. Оценили условия питьевого водопользования. Отбирали пробы воды в соответствии с ГОСТ². Пробы самолетом в течение 2–3 часов после отбора без заморозки и добавления консервантов доставлялись в г. Красноярск, где проводили санитарно-химические исследования для определения соответствия нормативному документу³. Лабораторные испытания проводили

в ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр Сибирского отделения РАН»», институте биофизики.

Статистический материал обработали на ПЭВМ с использованием программного пакета Statistica 6.1. Проводили определение проверки нормальности по критерию Смирнова, рассчитывали средние величины и ошибки средних ($M \pm m$).

Результаты. Длительность профессиональной деятельности в условиях Арктики составила $5,7 \pm 0,3$ года.

Для питьевого водопользования использовалась талая из снега вода, получаемая с помощью дизельной снегоплавильной установки. Вода собиралась в накопительную емкость, из которой по распределительной сети подавалась в обслуживаемые и жилые помещения.

Органические микроэлементы, участвующие в биологических процессах (например, железо, цинк, медь, молибден и др.), необходимые для функционирования человека, были определены в минимальных количествах (табл. 1). Железо было ниже допустимого уровня в 1,2–1,6 раза. Максимальное значение меди было в 22,2 раза меньше допустимого, цинка – в 52,1 раза. Максимальные и минимальные значения содержания в водах натрия колебались в пределах в 11,6–21,9 раза ниже допустимой величины, а магния – в 5,7–29,1 раза. Незначительным было содержание и калия с кальцием (ниже нормы в 9,0–34,1 раза). По жесткости величины были меньше допустимого значения в 4,8–17,9 раза. Перманганатная окисляемость указывала на практическое отсутствие в воде органических элементов. Содержание токсических элементов (алюминий, мышьяк, бор, барий, висмут, кадмий, никель, свинец, стронций, ванадий, кобальт, сурьма) и др. (селен, хром, литий) было минимальным или они отсутствовали вовсе.

Общий анализ крови показал, что все средние величины, кроме палочкоядерных нейтрофилов, были в пределах нормы (табл. 2).

Вместе с тем оценка индивидуальных данных выявила ряд негативных изменений (табл. 3). Так, у 39,2 % обследованных лиц количество эритроцитов было ниже нормы или на уровне нижней границы нормы. У остальных 60,8 % их число составило $(5,3 \pm 0,05) \times 10^{12}/л$. Сниженный и находящийся на уровне нижней границы нормы гематокрит определен в 19,6 % проб. У остальных 80,4 % лиц объемная фракция эритроцитов была в пределах $47,0 \pm 0,35$ %.

Средняя концентрация гемоглобина в эритроците (МСНС) была на уровне нижней границы нормы у каждого седьмого обследованного лица. В свою очередь, были выявлены лица, у которых средний объем эритроцита (MCV) был выше нормы.

Все средние данные по оценке содержания минеральных веществ в плазме крови были в пределах нормы (табл. 4). Однако обратило внимание, что кальций ионизированный и общий, магний и фосфор были в нижних зонах референтных границ.

¹ Кишкун А.А. Руководство по лабораторным методам исследования. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2007. 779 с.

² ГОСТ Р 59024–2020 «Общие требования к отбору проб». М.: Российский институт стандартизации, 2023. 57 с.

³ СанПиН 1.2.3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности (или) безвредности для человека факторов среды обитания». М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2022. 668 с.

Таблица 1. Некоторые показатели физико-химического состава питьевой воды

Table 1. Some physicochemical indicators of the snowmelt drinking water

Показатель / Indicator	Результат / Result			Нормативная величина (мг/дм³) / Reference value (mg/dm³)
	Проба 1 / Sample 1	Проба 2 / Sample 2	Проба 3 / Sample 3	
Железо / Iron	0,0112	0,16	0,19	0,3
Медь / Copper	0,002	0,007	0,045	1,0
Цинк / Zinc	0,096	0,0158	0,092	5,0
Натрий / Sodium	17,2	9,143	12,75	200,0
Калий / Potassium	0,64	0,64	0,26	–
Кальций / Calcium	12,64	18,87	4,99	25–170 [20]
Магний / Magnesium	8,638	6,166	1,72	50,0
Жесткость, мг-экв/дм³ / Hardness, mg-eq/dm³	1,3	1,45	0,39	7,0
Нитриты / Nitrites	0,0005	0,003	н.о. / not detected	3,0
Перманганатная окисляемость / Permanganate oxidizability	< 0,25	< 0,25	< 0,25	5,0

Таблица 2. Показатели крови обследованных лиц, $M \pm m$ Table 2. Blood test parameters in the study subjects, $M \pm m$

Показатель крови / Blood parameters	Референтный диапазон / Reference range	$M \pm m$
Эритроциты, $\times 10^{12}/л$ / Red blood cells count, $\times 10^{12}/L$	4,7–6,1	$5,02 \pm 0,05$
Гемоглобин, г/л / Hemoglobin, g/L	140–180	$156,5 \pm 0,56$
Гематокрит / Hematocrit, %	42–52	$45,88 \pm 0,43$
Средний объем эритроцита, фл / Mean corpuscular volume, fL	80–94	$90,47 \pm 0,55$
Средняя концентрация гемоглобина в эритроцитарной массе, г/л / Mean corpuscular hemoglobin concentration, g/L	330–370	$334,1 \pm 0,52$
Среднее содержание гемоглобина в эритроците, пг / Mean corpuscular hemoglobin, pg	27–31	$29,1 \pm 0,19$
Ширина распределения эритроцитов / Red cell distribution width, %	11,5–14,5	$12,25 \pm 0,07$
Средний объем тромбоцитов, фл / Mean platelet volume, fL	8,9–9,5	$9,24 \pm 0,03$
Тромбоциты, $\times 10^9/л$ / Platelet count, $\times 10^9/L$	130–400	$244,1 \pm 4,4$
Лейкоциты, $\times 10^9/л$ / Leukocyte count, $\times 10^9/L$	3,9–10,6	$6,51 \pm 0,09$
Нейтрофилы / Neutrophils, %:		
палочкоядерные / stab	1–6	$0,55 \pm 0,04$
сегментоядерные / segmented	40–42	$45,3 \pm 0,58$
Эозинофилы / Eosinophils, %	1–5	$1,72 \pm 0,14$
Базофилы / Basophils, %	0–1	$0,5 \pm 0,04$
Моноциты / Monocytes, %	2–10	$6,22 \pm 0,27$
Лимфоциты / Lymphocytes, %	18–45	$28,58 \pm 0,52$

Таблица 3. Характеристика показателей крови по индивидуальным значениям, $M \pm m$ Table 3. Description of blood test parameters in the study subjects by individual values, $M \pm m$

Показатели крови / Blood parameters	Отклонения от нормы / Deviations from the normal range		
	Ниже нормы / Below normal range	Нижняя граница нормы / Lower limit of the range	Выше нормы / Above normal range
Эритроциты / Erythrocytes: абс. вел. / count %	$4,47 \pm 0,03$ 17,6	$4,8 \pm 0,03$ 21,6	–
Объемная фракция эритроцитов в крови / Erythrocyte volume fraction: абс. вел. / value %	$40,5 \pm 0,15$ 11,8	$42,5 \pm 0,1$ 7,8	–
Средняя концентрация Hb в эритроците / Mean corpuscular hemoglobin concentration: абс. вел. / value %	–	$329,4 \pm 0,3$ 13,7	–
Средний объем эритроцита / Mean corpuscular volume: абс. вел. / value %	–	–	$96,3 \pm 0,54$ 17,6

Оценка индивидуальных показателей выявила ряд особенностей. Так, легкая гиперкалиемия была обнаружена у 19,6 % обследованных лиц (5,2–5,4 Ммоль/л) и у 1 человека (2,0 %) – умеренная (6,6 Ммоль/л). Доля лиц, у которых уровень натрия

был в зоне нижней границы нормы (в пределах 136–138 Ммоль/л), составила 35,3 %. Кальций ионизированный у третьей части ВПСК был ниже нормы, составляя 1,11–1,14 Ммоль/л. Медиана (Me) общего кальция составила 2,14; доля лиц, у которых

Таблица 4. Характеристика содержания минеральных веществ в плазме крови
Table 4. Concentrations of minerals measured in blood plasma of the study subjects

Минеральное вещество / Mineral	Референтные границы, ммоль/л / Reference range, mmol/L	$M \pm m$	Отклонение (+ выше, – ниже) от нормы / Difference from normal range, %
Калий / Potassium	3,5–5,1	$4,62 \pm 0,08$	+21,6
Натрий / Sodium	136–145	$140,5 \pm 0,4$	0
Кальций / Calcium: ионизированный / ionized общий / total	1,15–1,35 2,02–2,6	$1,18 \pm 0,005$ $2,19 \pm 0,009$	–29,4 0
Магний / Magnesium	0,66–1,03	$0,76 \pm 0,01$	–17,6
Фосфор / Phosphorus	0,7–1,8	$0,83 \pm 0,006$	0
Хлор / Chlorine	97,0–107,0	$101,2 \pm 0,6$	0

он был ниже Ме, достигала 29,4 %. Ме фосфора составила 0,83; доля лиц, у которых он был ниже ее, составила 47,1 %. Ме магния была равной 0,77; доля лиц, у которых магний не превышал медиану, составила 54,9 %, из них у значительной части он не достигал нижней границы нормы. У 31,4 % уровень хлоридов был в нижней зоне границ нормы (от 97,0 до 99,0 Ммоль/л).

Обсуждение. В Арктике ряд подразделений военнослужащих используют для питьевого водоснабжения талую воду из снега. В нашем случае оно было таким же. В анализируемых пробах питьевой воды было незначительное содержание как макроэлементов (магний, кальций, натрий, калий), так и микроэлементов, таких как марганец, медь и цинк, железо. Авторы других исследований также отметили, что это водообеспечение неадекватно для потребностей организма военнослужащих (они же работающие), обозначили необходимость дополнительной минерализации воды [20–22]. Однако не проведены исследования по возможному негативному влиянию на организм потребления несоответствующей нормативному документу² такой питьевой воды.

Полученные результаты по определению содержания электролитов в плазме крови позволяют свидетельствовать о нарушении водно-электролитного баланса организма при использовании для водоснабжения талой из снега воды. Наши данные подтверждаются результатами предыдущих исследований, где показано, что длительное употребление маломинерализованной воды, а также дефицит солей кальция в пище приводят к изменению ряда показателей уровня водно-солевого и минерального обмена в организме полярников: снижение содержания солей кальция в крови и моче, изменение времени кровотечения и свертывания крови, диуреза и водопотребления, кислотно-щелочного равновесия и удельного веса мочи [23].

На непосредственный риск для здоровья указывают и данные солесодержания минеральных веществ в пробах питьевой воды. Так, показано, что минимальное безопасное содержание магния в воде должно быть не менее 10 мг/л, кальция – не менее 20 мг/л, общая минерализация не ниже 1,3 мг/л [24]. В исследованных пробах все показатели были значительно ниже минимально допустимых. Такая

вода оказывает прямое воздействие на слизистую оболочку кишечника, метаболизм и гомеостаз минеральных веществ и другие функции организма [24].

Условия холода в Арктике приводят к прогрессирующему снижению легочной вентиляции, потребления кислорода. Длительное их влияние формирует синдром полярной гипоксии – патологии, приводящей к снижению потребления организмом кислорода. Это может приводить к гипоксии и развитию патологических изменений в организме [25]. Патогенез гипоксии сложен, имеет смешанный характер, приводящий к нарушению активности дыхательных ферментов под действием экстремальных погодных-климатических факторов [26, 27]. При этом снижается уровень гемоглобина в крови, увеличивается число эритроцитов, развиваются железодефицитные состояния. Такие изменения установлены у полярников в период влияния холода. Кроме того, авторы исследований не указывали, какой водой для питьевых целей пользовались обследованные группы людей.

Наше исследование проведено в летний период года, и описанного авторами явления по показателям крови мы не выявили. Уровень гемоглобина был у всех обследованных в норме. Наоборот, количество эритроцитов у значительной доли работающих лиц снизилось или было на уровне нижней границы нормы. Значит, в основе были другие факторы риска.

В условиях Арктики проводились исследования по оценке гемограмм у военнослужащих по контракту. Авторы отмечали, что качество питьевой воды, бедной минеральными солями, может привести к обезвоживанию организма [20, 21].

В ряде исследований по оценке гемограмм у военнослужащих в условиях работ от одного года или трех лет не обнаружено каких-либо сдвигов в показателях крови [13]. Другие авторы также в течение трех лет наблюдения изменений гемограмм у здоровых военнослужащих не установили; их выявили только у лиц с сердечно-сосудистой патологией [17]. Но в этих публикациях также не акцентировался вопрос о доброкачественности питьевого водоснабжения.

Известно, что при нарушениях водно-солевого обмена организма – восполнении потерянной жидкости бессолевыми растворами развивается патологическое состояние в виде гипотонической

⁴ ГОСТ Р 59024–2020 «Общие требования к отбору проб».

гипергидратации⁴ [28]. Для нее, в частности, характерно снижение количества эритроцитов, снижение уровня гемоглобина, снижение гематокрита, снижение средней концентрации гемоглобина в эритроците и повышение среднего объема эритроцита. Картина показателей крови, подобная данному состоянию, была установлена у ряда обследованных лиц в нашем исследовании: у 39,2 % военнослужащих эритроциты были ниже нормы или на уровне нижней границы нормы; сниженный или находящийся на уровне нижней границы нормы гематокрит – у 19,6 %; средняя концентрация гемоглобина в эритроците на уровне нижней границы нормы – у 3,7 %; у 17,6 % – выше нормы средний объем эритроцита. Таким образом, показатели крови в условиях Арктики при использовании для питьевых нужд воды с низкой минерализацией свидетельствуют о начальных признаках развивающегося нарушения водно-солевого обмена организма работающих, которые отразились на показателях крови и могут привести к росту сердечно-сосудистых заболеваний [20].

Что касается дефицита палочкоядерных нейтрофилов в крови, возможно, это также связано с недостаточным поступлением в организм минеральных веществ (например, железа, меди), а также витаминов группы В, фолиевой кислоты [29]. Однако это предположение нуждается в дополнительно исследовании. В случае подтверждения подобного результата можно будет судить о влиянии на неспецифическую резистентность [30].

Выводы

1. Используемая для питьевых нужд талая из снега вода характеризуется низкой минерализацией, низкой жесткостью (кальций ниже нормы до 34,2 раза, магний – меньше до 29,1 раза). Наличие электролитного дисбаланса в организме доказывали превышение в сыворотке крови калия у 21,6 %, недостаток ионизированного кальция (у 29,4 %), магния (у 17,6 %); натрий, фосфор, хлор в нижней зоне нормы у 29,4–47,1 % обследованных лиц.

2. По индивидуальным показателям низкие или находящиеся на уровне нижней границы нормы значения эритроцитов выявлены у 39,2 %, гематокрит – у 19,6 %, средняя концентрация гемоглобина в эритроците – у 13,7 %, доля палочкоядерных нейтрофилов составила $0,55 \pm 0,04$ % при норме 1–6 %; повышенный средний объем эритроцита – у 17,6 %.

3. Длительное использование для питьевых нужд воды из снега свидетельствует о начальных признаках нарушения водно-солевого обмена организма, соответствующего гипотонической гипергидратации, а также, возможно, и влиянию на неспецифическую резистентность организма.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тупиневич Г.С., Антипина Т.В., Шамратова В.Г. Влияние состояния красной крови на показатели физических возможностей и психоэмоционального статуса студентов // Медицинский вестник Башкортостана. 2017. Т. 12. № 5. С. 116–119.
2. Тупиневич Г.С., Шамратова В.Г. Динамика показателей крови студентов под влиянием экологических факторов среды // Современные проблемы науки и образования 2020. № 4. С. 84.
3. Елифанов А.В., Соловьев В.С., Лепунова О.Н., Фролова О.В., Ковязина О.Л. Влияние профессиональных факторов на показатели красной крови доноров // Гигиена и санитария. 2017. Т. 96. № 6. С. 548–551. doi: 10.18821/0016-9900-2017-96-6-548-551
4. Хисамов Э.Н., Еникеев Д.А., Еникеева О.А., Идрисова Л.Т. Влияние химического загрязнения среды на состояние эритроцитов // Современные проблемы науки и образования. 2017. № 4. <https://science-education.ru/ru/article/view?id=26677> (дата обращения: 05.04.2023).
5. Чурилов Ю.К., Моисеев Ю.Б., Ричей И.И. Состояние иммунологической реактивности в процессе профессиональной адаптации летного состава // Вестник Российской Военно-медицинской академии. 2019. Т. 21. № 4. С. 42–46. doi: 10.17816/brmma20659
6. Lee EJ, Kim M, Lee E, et al. A comparison of complete blood count reference intervals in healthy elderly vs. younger Korean adults: A large population study. *Clin Chem Lab Med*. 2019;57(5):716-729. doi: 10.1515/cclm-2018-0649
7. Mugisha JO, Seeley J, Kuper H. Population based haematology reference ranges for old people in rural South-West Uganda. *BMC Res Notes*. 2016;9(1):433. doi: 10.1186/s13104-016-2217-x
8. Wu X, Zhao M, Pan B, et al. Complete blood count reference intervals for healthy Han Chinese adults. *PLoS One*. 2015;10(3):e0119669. doi: 10.1371/journal.pone.0119669
9. Zierk J, Arzideh F, Rechenauer T, et al. Age- and sex-specific dynamics in 22 hematologic and biochemical analytes from birth to adolescence. *Clin Chem*. 2015;61(7):964-973. doi: 10.1373/clinchem.2015.239731
10. Cui D, Hou Y, Feng L, et al. Capillary blood reference intervals for platelet parameters in healthy full-term neonates in China. *BMC Pediatr*. 2020;20(1):471. doi: 10.1186/s12887-020-02373-6
11. Zhan X, Zhang Y, Xu Y, et al. Age- and sex-specific reference intervals for complete blood count parameters in capillary blood for Chinese neonates and infants: A prospective study. *Clin Chim Acta*. 2023;538:104-112. doi: 10.1016/j.cca.2022.11.016
12. Рахманов Р.С., Богомолова Е.С., Ашина М.В., Тарасов А.В., Груздева А.Е., Филиппова О.Н. Оценка показателей гемограмм у лиц организованного коллектива в экстремальных условиях при включении в рацион питания продуктов, произведенных по криогенной технологии // Здоровье населения и среда обитания. 2019. № 6 (315). С. 54–59.
13. Благинин А.А., Вислов А.В., Лизогуб И.Н. Актуальные вопросы медицинского обеспечения авиационных специалистов в арктическом регионе // Военно-медицинский журнал. 2015. Т. 336. № 1. С. 50–54.
14. Семенова Е.И., Миронова Г.Е., Кривошапкина З.Н. и др. Индексы эритроцитов в оценке адаптационных реакций организма высококвалифицированных спортсменов Якутии // Теория и практика физической культуры и спорта. 2018. № 10. С. 16–18.
15. Morgado JP, Matias CN, Monteiro CP, et al. Comparison of immunohematological profile between endurance- and power-oriented elite athletes. *Appl Physiol Nutr Metab*. 2017;42(3):257-262. doi: 10.1139/apnm-2016-0435
16. Balashova SN, Samodova AV, Dobrodeeva LK, Belisheva NK. Hematological reactions in the inhabitants of the Arctic on a polar night and a polar day. *Immun Inflamm Dis*. 2020;8(3):415-422. doi: 10.1002/iid3.323
17. Загородников Г.Г., Коровин А.Е., Миронов В.Г., Загородников Г.Н., Товпеко Д.В., Чурилов Л.П. Основные гематологические и метаболические показатели крови у летного состава на разных сроках службы в условиях

⁴ Антонов В.Г., Жерегеля С.Н., Каркищенко А.И., Минаева Л.В. Водно-электролитный обмен и его нарушения. Руководство для врачей. М.: «ГЭОТАР-Медиа», 2022. 208 с.

- Арктики // Междисциплинарный научный и прикладной журнал «Биосфера». 2019. Т. 11. № 4. С. 211–226. doi: 10.24855/biosfera.v11i4.516
18. Dobrodeeva LK, Samodova AV, Balashova SN, Pashinskaya KO. Intercellular interactions in peripheral venous blood in practically healthy residents of high latitudes. *Biomed Res Int*. 2021;2021:7086108. doi: 10.1155/2021/7086108
 19. Наточин Ю.В. Физиология человека: водно-солевой гомеостаз // Физиология человека. 2018. Т. 44. № 3. С. 5–13. doi: 10.7868/S0131164618030013
 20. Азаров И.И., Бутаков С.С., Жолус Б.И. Физиолого-гигиенические требования к водоснабжению военнослужащих в Арктической зоне // Военно-медицинский журнал. 2016. Т. 337. № 10. С. 44–51.
 21. Азаров И.И., Бутаков С.С., Жолус Б.И., Зеткин А.Ю., Реммер В.Н. Опыт сохранения здоровья военнослужащих в Арктике в повседневной деятельности и чрезвычайных ситуациях // Морская медицина. 2017. Т. 3. № 3. С. 102–111. doi: 10.22328/2413-5747-2017-3-3-102-111
 22. Кривцов А.В., Кириченко Н.Н., Ивченко Е.В. и др. Физиолого-гигиеническая характеристика питания и водоснабжения воинского гарнизона в Арктике // Вестник Российской военно-медицинской академии. 2015. № 4 (52). С. 165–68.
 23. Garshenin VF. Effektivnost' provedeniia profilakticheskikh meropriatii po pitaniu na sovetskikh stantsiiakh v Antartide [Effectiveness of taking prophylactic nutritional measures at Soviet stations in Antarctica. *Voprosy Pitaniya*. 1975. № 1. С. 6–10.
 24. ВОЗ. Последствия длительного употребления деминерализованной воды. 2013. <https://лучший-в.рф/wp-content/uploads/2022/02/posledstviya-dlitelno-go-upotrebleniya-demineralizovannoy-vody-1.pdf?ysclid=ljb11zh9r536464416>
 25. Бочаров М.И. Терморегуляция организма при холодовых воздействиях (Обзор). Сообщение I // Вестник Северного (Арктического) Федерального университета. Серия: Медико-биологические науки. 2015. № 1. С. 5–15.
 26. Нагибович О.А., Уховский Д.М., Жекалов А.Н., и др. Механизмы гипоксии в Арктической зоне Российской Федерации // Вестник Российской Военно-медицинской академии. 2016. № 2 (54). С. 202–205.
 27. Гридин Л.А., Шишков А.А., Дворников М.В. Особенности адаптационных реакций человека в условиях Крайнего Севера // Здоровье населения и среда обитания. 2014. № 4 (253). С. 4–6.
 28. Гомозов Э.В., Медведев А.А., Тришкин В.В. Проблемы водоснабжения военнослужащих арктической группировки войск // Научный вестник Вольского военного института материального обеспечения. 2016. № 2 (38). С. 88–91.
 29. Knott L. Neutropenic patients and neutropenic regimes. *Patient*. March 10, 2022. Accessed July 21, 2023. <https://patient.info/doctor/neutropenic-patients-and-neutropenic-regimes>
 30. Чеснокова Н.П., Понукалина Е.В., Невважай Т.А., Полутова Н.В., Бизенкова М.Н. Лекция 2. Морфофункциональные и метаболические особенности гранулоцитов периферической крови // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2015. № 4-2. С. 285–289. <https://applied-research.ru/article/view?id=6636> (дата обращения: 21.07.2023).
 31. Epifanov AV, Solovyev VS, Lepunova ON, Frolova OV, Kovyazina OL. The influence of occupational factors on indices of red blood of donors of the industrial city. *Gigiena i Sanitariya*. 2017;96(6):548–551. (In Russ.) doi: 10.18821/0016-9900-2017-96-6-548-551
 32. Khisamov EN, Enikeev DA, Enikeeva OA, Idrisova LT. The influence of chemical pollution on the condition of red blood cells. *Sovremennye Problemy Nauki i Obrazovaniya*. 2017;(4):72. (In Russ.). Accessed July 21, 2023. <https://science-education.ru/ru/article/view?id=26677>
 33. Churilov YK, Moiseev YB, Richei II. Immunological reactivity status in the process of professional adaptation of flight personnel. *Vestnik Rossiyskoy Voennno-Meditsinskoy Akademii*. 2019;21(4):42–46. (In Russ.) doi: 10.17816/brmma20659
 34. Lee EJ, Kim M, Lee E, et al. A comparison of complete blood count reference intervals in healthy elderly vs. younger Korean adults: A large population study. *Clin Chem Lab Med*. 2019;57(5):716–729. doi: 10.1515/ccbm-2018-0649
 35. Mugisha JO, Seeley J, Kuper H. Population based haematology reference ranges for old people in rural South-West Uganda. *BMC Res Notes*. 2016;9(1):433. doi: 10.1186/s13104-016-2217-x
 36. Wu X, Zhao M, Pan B, et al. Complete blood count reference intervals for healthy Han Chinese adults. *PLoS One*. 2015;10(3):e0119669. doi: 10.1371/journal.pone.0119669
 37. Zierk J, Arzideh F, Rechenauer T, et al. Age- and sex-specific dynamics in 22 hematologic and biochemical analytes from birth to adolescence. *Clin Chem*. 2015;61(7):964–973. doi: 10.1373/clinchem.2015.239731
 38. Cui D, Hou Y, Feng L, et al. Capillary blood reference intervals for platelet parameters in healthy full-term neonates in China. *BMC Pediatr*. 2020;20(1):471. doi: 10.1186/s12887-020-02373-6
 39. Zhan X, Zhang Y, Xu Y, et al. Age- and sex-specific reference intervals for complete blood count parameters in capillary blood for Chinese neonates and infants: A prospective study. *Clin Chim Acta*. 2023;538:104–112. doi: 10.1016/j.cca.2022.11.016
 40. Rakhmanov RS, Bogomolova ES, Ashina MV, Tarasov AV, Gruzdeva AE, Filippova ON. Estimation of hemograms indices in persons of the organized group in extreme conditions when in the diet included products produced by cryogenic technology. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2019;(6(315)):54–59. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2019-315-6-54-59
 41. Blagin AA, Vislov AV, Lizogub IN. Actual questions of medical maintenance of aviation specialists in the Arctic region. *Voennno-Meditsinskiy Zhurnal*. 2015;336(1):50–54. (In Russ.)
 42. Semenova EI, Mironova GE, Krivoshapkina ZN, et al. Adaptive body responses rating in highly-skilled Yakut athletes by erythrocyte indices. *Teoriya i Praktika Fizicheskoy Kul'tury i Sporta*. 2018;(10):16–18. (In Russ.)
 43. Morgado JP, Matias CN, Monteiro CP, et al. Comparison of immunohematological profile between endurance- and power-oriented elite athletes. *Appl Physiol Nutr Metab*. 2017;42(3):257–262. doi: 10.1139/apnm-2016-0435
 44. Balashova SN, Samodova AV, Dobrodeeva LK, Belisheva NK. Hematological reactions in the inhabitants of the Arctic on a polar night and a polar day. *Immun Inflamm Dis*. 2020;8(3):415–422. doi: 10.1002/iid3.323
 45. Zagorodnikov GG, Korovin AY, Mironov VG, Zagorodnikov GN, Tovpeko DV, Churilov LP. The main hematological and metabolic characteristics of peripheral blood in military pilots at different terms of their service in Arctic. *Biosfera*. 2019;11(4):211–226. (In Russ.) doi: 10.24855/biosfera.v11i4.516
 46. Dobrodeeva LK, Samodova AV, Balashova SN, Pashinskaya KO. Intercellular interactions in peripheral venous blood in practically healthy residents of high latitudes. *Biomed Res Int*. 2021;2021:7086108. doi: 10.1155/2021/7086108

REFERENCES

1. Tupinevich GS, Antipina TV, Shamratova VG. The influence of the functional state of red blood on the indicators of physical capacity and psycho-emotional status of students. *Meditsinskiy Vestnik Bashkortostana*. 2017;12(5):116–119. (In Russ.)
2. Tupinevich GS, Shamratova VG. Dynamics of students' blood indicators under the influence of environmental factors. *Sovremennye Problemy Nauki i Obrazovaniya*. 2020;(4):84. (In Russ.) doi: 10.17513/spno.29930

19. Natchin YV. Human physiology: Water and electrolyte homeostasis. *Fiziologiya Cheloveka*. 2018;44(3):5-13. (In Russ.) doi: 10.7868/S0131164618030013
20. Azarov II, Butakov SS, Zhulus BI. Physiological and hygienic requirements imposed on water supply for troops in the Arctic zone. *Voenno-Meditsinskiy Zhurnal*. 2016;337(10):44-51. (In Russ.)
21. Azarov II, Butakov SS, Zhulus BI, Zetkin AYU, Remmer VN. Experience of health maintenance of the military personnel in the Arctic in the daily activities and emergency. *Morskaya Meditsina*. 2017;3(3):102-111. (In Russ.) doi: 10.22328/2413-5747-2017-3-3-102-111
22. Krivtsov AV, Kirichenko NN, Ivchenko EV, et al. Physiological and hygienic characteristics of food and water supply in military garrison in Arctic region. *Vestnik Rossiyskoy Voenno-Meditsinskoy Akademii*. 2015;4(52):165-68. (In Russ.)
23. Garshenin VF. [Effectiveness of taking prophylactic nutritional measures at Soviet stations in Antarctica.] *Voprosy Pitaniya*. 1975;(1):6-10. (In Russ.)
24. Kozisek F. Health risks from drinking demineralised water. In: *Nutrients in Drinking Water*. Geneva: World Health Organization; 2005. Accessed July 21, 2023. <https://www.who.int/publications/i/item/9241593989>
25. Bocharov MI. Thermoregulation in cold environments (Review). Report I. *Vestnik Severnogo (Arkticheskogo) Federal'nogo Universiteta. Seriya: Mediko-Biologicheskie Nauki*. 2015;(1):5-15. (In Russ.)
26. Nagibovich OA, Ukhovskiy DM, Zhekalov AN, et al. Mechanisms of hypoxia in Arctic zone of Russian Federation. *Vestnik Rossiyskoy Voenno-Meditsinskoy Akademii*. 2016;(2(54)):202-205. (In Russ.)
27. Gridin LA, Shishkov AA, Dvornikov MV. Features adaptation reactions of human in Far North. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2014;(4(253)):4-6. (In Russ.)
28. Gomozev EV, Medvedev AA, Trishkin VV. Problems of water supply of servicemen of the Arctic group of troops. *Nauchnyy Vestnik Vol'skogo Voennoy Institutu Material'nogo Obespecheniya*. 2016;(2(38)):88-91. (In Russ.)
29. Knott L. Neutropenic patients and neutropenic regimes. *Patient*. March 10, 2022. Accessed July 21, 2023. <https://patient.info/doctor/neutropenic-patients-and-neutropenic-regimes>
30. Chesnokova NP, Ponukalina EV, Nevvazhay TA, Polutova NV, Bizenkova MN. [Lecture 2. Morphofunctional and metabolic features of peripheral blood granulocytes.] *Mezhdunarodnyy Zhurnal Prikladnykh i Fundamental'nykh Issledovaniy*. 2015;(4-2):285-289. (In Russ.) Accessed July 21, 2023. <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=6636>

Сведения об авторах:

✉ **Рахманов Рофайль** Салыхович – д.м.н., профессор, профессор кафедры гигиены ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» Минздрава России; e-mail: raf53@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1531-5518>.

Нарутдинов Денис Алексеевич – преподаватель матушского здоровья и здравоохранения ФГБОУ ВО «Красноярский государственный медицинский университет им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого» Минздрава России; e-mail: den007-19@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5438-8755>.

Богомолова Елена Сергеевна – д.м.н., профессор, заведующая кафедрой гигиены ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» Минздрава России; e-mail: olenabgm@rambler.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1573-3667>.

Разгулин Сергей Александрович – д.м.н., доцент, заведующий кафедрой медицины катастроф ФГБОУ «Приволжский исследовательский медицинский университет» Минздрава России; e-mail: kafedramk@pimunn.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8356-2970>.

Аликберов Мурат Ханалиевич – к.м.н., доцент кафедры стоматологии факультета ДПО ФГБОУ ВО «Омский государственный медицинский университет» Минздрава России; e-mail: alikberovm@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1775-9382>.

Непряхин Дмитрий Викторович – к.м.н., доцент кафедры гигиены ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» Минздрава России; e-mail: mutassyevo@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3952-3960>.

Информация о вкладе авторов: концепция и дизайн исследования: *Рахманов Р.С.*; сбор данных: *Нарутдинов Д.А.*; анализ и интерпретация результатов: *Рахманов Р.С.*, *Богомолова Е.С.*; литературный обзор: *Разгулин С.А.*, *Аликберов М.Х.*; *Непряхин Д.В.*; участие в статистической обработке материала; подготовка рукописи: *Рахманов Р.С.*, *Богомолова Е.С.*, *Разгулин С.А.* Все авторы ознакомились с результатами работы и одобрили окончательный вариант рукописи.

Соблюдение этических стандартов: Исследование было проведено в соответствии с Хельсинкской декларацией Всемирной медицинской ассоциации (в редакции 2013 г.) и одобрено этическим комитетом Приволжского исследовательского института (протокол № 4 от 14.03.2022). От всех участников было получено письменное информированное согласие на участие в исследовании.

Финансирование: исследование проведено без спонсорской поддержки.

Конфликт интересов: авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Статья получена: 05.04.23 / Принята к публикации: 10.07.23 / Опубликована: 31.07.23

Author information:

✉ **Rofail S. Rakhmanov**, Prof., Dr. Sci. (Med.); Professor, Department of Hygiene, Privolzhsky Research Medical University; e-mail: raf53@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1531-5518>.

Denis A. Narutdinov, Lecturer, Department of Public Health and Healthcare, Krasnoyarsk State Medical University named after Prof. V.F. Voyno-Yasensky; e-mail: den007-19@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5438-8755>.

Elena S. Bogomolova, Prof., Dr. Sci. (Med.); Head of the Department of Hygiene, Privolzhsky Research Medical University; e-mail: olenabgm@rambler.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1573-3667>.

Sergei A. Razgulin, Dr. Sci. (Med.), Associate Professor, Head of the Department of Disaster Medicine, Privolzhsky Research Medical University; e-mail: kafedramk@pimunn.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8356-2970>.

Murat Kh. Alikberov, Cand. Sci. (Med.), Associate Professor, Department of Dentistry, Faculty of Additional Professional Education, Omsk State Medical University; e-mail: alikberovm@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1775-9382>.

Dmitry V. Nepryakhin, Cand. Sci. (Med.), Associate Professor, Department of Hygiene, Privolzhsky Research Medical University; e-mail: mutassyevo@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3952-3960>.

Author contributions: study conception and design: *Rakhmanov R.S.*; data collection: *Narutdinov D.A.*; analysis and interpretation of results: *Rakhmanov R.S.*, *Bogomolova E.S.*; literature review: *Razgulin S.A.*, *Alikberov M.Kh.*; *Nepryakhin D.V.*; participation in statistical data processing, draft manuscript preparation: *Rakhmanov R.S.*, *Bogomolova E.S.*, *Razgulin S.A.* All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

Compliance with ethical standards: The study was conducted in accordance with the Declaration of Helsinki of the World Medical Association (as amended in 2013) and approved by the Ethics Committee of the Volga Research Institute (protocol No. 4 dated March 14, 2022). Written informed consent was obtained from all study participants.

Funding: The authors received no financial support for the research, authorship, and/or publication of this article.

Conflict of interest: The authors have no conflicts of interest to declare.

Received: April 5, 2023 / Accepted: July 10, 2023 / Published: July 31, 2023