

Читайте
онлайн
Read
onlineРахманов Р.С.¹, Нарутдинов Д.А.², Богомолова Е.С.¹, Разгулин С.А.¹, Непряхин Д.В.¹

Значимость показателей крови для выявления дезадаптации работающих в условиях Крайнего Севера

¹ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 603950, Нижний Новгород, Россия;²ФГБОУ ВО «Красноярский государственный медицинский университет имени профессора В.Ф. Войно-Ясенецкого» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 660022, Красноярск, Россия

РЕЗЮМЕ

Введение. Выявление дезадаптации работающих в условиях Крайнего Севера — актуальная задача современной гигиенической науки.**Цель исследования** — оценить значимость показателей крови в диагностике дезадаптационных сдвигов организма работающих в условиях Крайнего Севера для снижения риска возникновения и прогрессирования сердечно-сосудистой патологии.**Материалы и методы.** У мужчин-военнослужащих со стажем $2,3 \pm 0,3$ года (группа 1) и $7,6 \pm 0,4$ года (группа 2) определяли общий холестерин, липопротеиды низкой и высокой плотности, триглицериды, витамины (B_9 , B_{12} , D), минеральные вещества (K, Na, Ca общий и ионизированный, P, Mg, Fe), C-реактивный белок. Также исследовали минеральный состав питьевой воды.**Результаты.** О наличии анемий свидетельствовали сниженный уровень кобаламина: группа 1 — $100,7 \pm 5,2$ пмоль/л, группа 2 — $101,4 \pm 3,7$ пмоль/л; $p = 0,921$), дефицит витамина B_9 (у 86,3% и 93,3% военнослужащих в группах 1 и 2 соответственно; $p = 0,696$), низкий уровень железа (у 27,3 и 53,3% соответственно). Симптомы гипотонической гипергидратации были обусловлены потреблением низкоминерализованной питьевой воды из талого снега. С увеличением стажа у военнослужащих развивалась триглицеридемия (50 и 60% в группах 1 и 2 соответственно), гиперхолестеринемия (по ОХ у 90 и 93,3%, по липопротеидам низкой плотности — у 90,9 и у 73,3% соответственно). Повышение липопротеидов высокой плотности в первой группе было выявлено у 72,7% обследованных, во второй — у 36,7%, атерогенность крови составила 40,9 и 80% соответственно. C-реактивный белок (высокий у 13,6 и у 66,7% соответственно) указывал на нарастание риска болезней системы кровообращения. Увеличился дефицит витамина D (недостаточность у 71,4 и у 53,3%, дефицит — у 28,6 и у 46,7% в группах 1 и 2 соответственно), наблюдались нарушения минерального баланса (K — у 9,1 и 20%; Ca ионизированного — у 18,2 и у 26,7%; Fe — у 9,1 и 20% соответственно).**Ограничения исследования.** Показатели крови мужчин-военнослужащих с различной длительностью пребывания в Арктике, исследованные в летний период года.**Заключение.** При диспансеризации военнослужащих необходимо определение липопротеидов высокой и низкой плотности, C-реактивного белка, витаминов B_{12} , B_9 и D, минеральных веществ (K, Na, Ca общий и ионизированный, P, Mg, Fe) независимо от возраста и стажа работы в экстремальных условиях.**Ключевые слова:** Крайний Север; дезадаптация; клинико-лабораторные исследования крови; длительность работ; возраст**Соблюдение этических стандартов.** Исследование проведено с соблюдением этических норм Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации. Получено заключение Комитета по этике ФГБОУ ВО «ПИМУ» Минздрава России, протокол № 4 от 14.03.2022 г. Каждый участник исследования дал информированное добровольное письменное согласие на участие в исследовании и публикацию персональной медицинской информации в обезличенной форме в журнале «Гигиена и санитария».**Для цитирования:** Рахманов Р.С., Нарутдинов Д.А., Богомолова Е.С., Разгулин С.А., Непряхин Д.В. Значимость показателей крови для выявления дезадаптации работающих в условиях Крайнего Севера. *Гигиена и санитария*. 2025; 104(2): 191–197. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2025-104-2-191-197> <https://elibrary.ru/cpqbye>**Для корреспонденции:** Рахманов Рофаиль Сальвович, e-mail: raf53@mail.ru**Участие авторов:** Рахманов Р.С. — концепция и дизайн исследования, написание текста, ответственность за целостность всех частей статьи; Богомолова Е.С. — редактирование, утверждение окончательного варианта статьи; Разгулин С.А. — сбор данных литературы, участие в интерпретации результатов, написание текста; Нарутдинов Д.А. — сбор, систематизирование первичного материала; Непряхин Д.В. — статистическая обработка материала.**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.**Финансирование.** Исследование не имело спонсорской поддержки. Работа выполнена согласно плану научных работ ФГБОУ ВО «ПИМУ» Минздрава России и плану диссертационного исследования Нарутдинова Д.А.

Поступила: 03.06.2024 / Поступила после доработки: 18.06.2024 / Принята к печати: 02.10.2024 / Опубликовано: 07.03.2025

Rofail S. Rakhmanov¹, Denis A. Narutdinov², Elena S. Bogomolova¹, Sergey A. Razgulin¹, Dmitriy V. Nepryakhin¹

Significance of blood indices for detecting disadaptation in workers in the Far North

¹Volga Research Medical University, Nizhny Novgorod, 603950, Russian Federation;²Krasnoyarsk State Medical University named after prof. V.F. Voino-Yasenetsky, Krasnoyarsk, 660022, Russian Federation

ABSTRACT

Introduction. In the conditions of the Far North (FN), it is relevant to identify disadaptation among workers.**Goal** was to assess the significance of blood parameters in the diagnosis of disadaptive changes in the body in those working under FN conditions**Materials and methods.** In the summer, total cholesterol, low- and high-density lipoproteins, triglycerides, vitamins (B_9 , B_{12} , D), minerals (K, Na, Ca total and ionized, P, Mg, Fe), C-reactive protein, the mineral composition of drinking water was studied.**Results.** Signs of anemia confirm a reduced level of cobalamin (100.7 ± 5.2 and 101.4 ± 3.7 pmol/L, $p = 0.921$), B_9 deficiency (86.3% and 93.3% ($p = 0.696$), low iron levels in 27.3% and 53.3%. Symptoms of hypotonic overhydration are determined by the consumption of low-mineralized drinking water from melted snow. The duration of work led to the development of triglyceridemia (in 50.0% and 60.0%), hypercholesterolemia (for total cholesterol in 90.0% and 93.3%,

for low-density lipoproteins — in 90.9% and 73.3%). Elevated high-density lipoproteins among the first group in 72.7%, the second — in 36.7%, causing blood atherogenicity in 40.9% and in 80.0%, C-reactive protein (high in 13.6% and 66.7%) indicated to an increase in the risk of cardiovascular diseases. There were steepened vitamin D deficiency (insufficiency in 71.4% and 53.3%, deficiency in 28.6% and 46.7%), mineral imbalance (K in 9.1% and 20.0%, Ca ionized in 18.2% and 26.7%, Fe — in 9.1% and 20.0%).

Limitations. Blood indices in male military personnel with different lengths of stay in the Arctic, were studied in the summer.

Conclusion. It is necessary to determine high and low density lipoproteins, C-reactive protein, vitamins B₁₂, B₉ and D, minerals (potassium, sodium, ionized calcium and total calcium, magnesium, phosphorus, iron) regardless of age and work experience in the field.

Keywords: Far North; disadaptation; clinical and laboratory blood tests; duration of work; age

Compliance with ethical standards. The work was carried out in accordance with the conclusion of the Ethics Committee of the Volga Research Medical University of the Ministry of Health of Russia, protocol No. 4 dated March 14, 2022. **Patient consent.** Each participant of the study (or his/her legal representative) gave informed voluntary written consent to participate in the study and publish personal medical information in an impersonal form in the journal “Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)”.

For citation: Rakhmanov R.S., Narutdinov D.A., Bogomolova E.S., Razgulin S.A., Nepryakhin D.V. Significance of blood indices for detecting disadaptation in workers in the Far North. *Gigiena i Sanitariya / Hygiene and Sanitation, Russian journal*. 2025; 104(2): 191–197. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2025-104-2-191-197> <https://elibrary.ru/cpqbye> (In Russ.)

For correspondence: Rofail S. Rakhmanov, e-mail: raf53@mail.ru

Contribution: Rakhmanov R.S. — concept and design of the study, writing the text, responsibility for the integrity of all parts of the article; Bogomolova E.S. — editing, approval of the final version of the article; Razgulin S.A. — collection of literature data, participation in the interpretation of results, preparation of the text; Narutdinov D.A. — collection, systematization of primary material; Nepryakhin D.V. — statistical processing of the material. All authors are responsible for the integrity of all parts of the manuscript and approval of the manuscript version.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgement. The study had no sponsorship. The work was carried out in accordance with the scientific work plan of the Volga Research Medical University and the thesis research plan by D.A. Narutdinov.

Received: June 3, 2024 / Revised: June 18, 2024 / Accepted: October 2, 2024 / Published: March 7, 2025

Введение

Социально-экономическое развитие Крайнего Севера (КС) предполагает обеспечение условий для сохранения здоровья работающих в этих условиях людей и развитие медицинского обеспечения^{1,2}. При направлении военнослужащих и членов их семей в условия КС установлен порядок оценки здоровья для выявления противопоказаний к пребыванию в таком климате³. Ежегодно проводятся медицинские осмотры и диспансеризация⁴, в том числе для выявления хронических неинфекционных болезней и определения показаний к проведению профилактических, лечебных, реабилитационных и оздоровительных мероприятий для военнослужащих с выявленными хроническими неинфекционными болезнями (состояниями). Лицам в возрасте от 18 до 40 лет проводят общеклинический анализ крови, определение глюкозы и общего холестерина (при превышении последнего более 5 ммоль/л — анализ липидограммы). В возрасте от 41 до 65 лет дополнительно определяют липопротеиды высокой плотности, триглицериды, билирубин и мочевую кислоту.

Установлено негативное влияние экстремальных условий обитания и труда на показатели крови, изменение которых указывает на риск развития определённых патологий [1–4]. Для донозологической диагностики дезадаптационных изменений анализ показателей крови прежде не использовался. При этом актуально и установление возрастных границ, в которых могут наблюдаться такие отклонения от физиологических норм у работающих.

Цель исследования — оценить значимость показателей крови в диагностике дезадаптационных сдвигов организма у работающих в условиях Крайнего Севера для снижения риска возникновения и прогрессирования болезней системы кровообращения.

¹ Постановление Правительства РФ от 30 марта 2021 г. № 484 «Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Социально-экономическое развитие Арктической зоны Российской Федерации».

² «Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Социально-экономическое развитие Арктической зоны Российской Федерации»; Распоряжение Правительства РФ от 1 августа 2022 г. № 2115-р «Об утверждении плана развития Северного морского пути на период до 2035 г.».

³ Постановление Правительства РФ от 04.07.2013 г. № 565 (ред. от 26.01.2024 г.) «Об утверждении Положения о военно-врачебной экспертизе».

⁴ Приказ Министра обороны РФ от 20 мая 2021 г. № 285 «Об установлении Порядка прохождения военнослужащими Вооружённых Сил Российской Федерации медицинских осмотров и диспансеризации».

Материалы и методы

Исследование было выполнено в летний период среди мужчин-военнослужащих ($n = 51$), имеющих группы здоровья I и II и осуществляющих профессиональную деятельность в Арктике. При проведении очередной ежегодной диспансеризации у всех военнослужащих независимо от возраста и продолжительности нахождения на КС методом случайной выборки проводили дополнительные исследования крови (помимо общеклинического): определение липидного спектра (общий холестерин (ОХ), липопротеиды низкой (ЛПНП) и высокой (ЛПВП) плотности, триглицериды (ТГ)), содержание витаминов (B₉, B₁₂, D), минеральных веществ (калия (К), натрия (Na), кальция (Ca) общего и ионизированного, фосфора (P) неорганического, магния (Mg) и железа (Fe), C-реактивного белка (СРБ)). Провели сравнительный анализ изучаемых показателей военнослужащих: группа 1 ($n = 26$, стаж в условиях КС $2,3 \pm 0,3$ года) и группа 2 ($n = 25$, стаж в условиях КС $7,6 \pm 0,4$ года), $p = 0,001$.

Общеклинический анализ крови проводили с использованием автоматизированной гематологической системы Abbott (США); ТГ, ОХ, ЛПНП и ЛПВП исследовали на анализаторе AU5800 (США).

Цианкобаламин (B₁₂) определяли с помощью иммунохемилюминесцентной автоматизированной системы ARCHITECT® i2000 Abbott (США). Границей дефицита был порог 148 пмоль/л [5]. Фолиевую кислоту (B₉) определяли на аппарате ВЭЖХ-МС AD SCIEX QTRAP 5500 (Германия), референтные значения 5–9 нг/мл⁵. Обеспеченность организма витамином D определяли по показателю 25-ОН витамина D (промежуточного продукта превращения витамина) по следующим критериям: глубокий дефицит (5–10 нг/мл); дефицит (10–20 нг/мл), недостаточность (20–30 нг/мл); оптимальный уровень (30–100 нг/мл) [6–8]. Анализ проводился на масс-спектрометре AB SCIEX QTRAP 5500 (Германия, SCIEX). Са общий, P, Mg, Fe исследовали на анализаторе AU5800 (США); K, Na, Са ионизированный определяли на анализаторе электролитов AVL9180 (США).

На автоматическом биохимическом анализаторе Cobas Integra 400 Plus (Roche Diagnostics; Швейцария) определяли СРБ. Выделили три уровня: < 1 мг/л (низкий), ≥ 2 мг/л (повышенный), > 3 мг/л (высокий). Эти показатели ассо-

⁵ Фолиеводефицитная анемия. Клинические рекомендации. Минздрав России, 2021. URL: <https://kr-pf-2021/17023?ysclid=lsvgxmqsvx153502174> (дата обращения: 27.03.2024 г.).

Таблица 1 / Table 1

Показатели липидов крови у лиц групп наблюдения, абс. вел.
Blood lipids indices in individuals from observation groups, abs. values

Липиды крови Blood lipids	Группа наблюдения / Observation group $M \pm m$		Достоверность различий Significance of differences p
	1	2	
Триглицериды, ммоль/л Triglycerides, mmol/L	1.81 \pm 0.05	1.67 \pm 0.04	0.04
Общий холестерин, ммоль/л Total cholesterol, mmol/L	6.53 \pm 0.2	6.34 \pm 0.1	0.33
Липопротеиды низкой плотности, ммоль/л Low density lipoproteins, mmol/L	4.2 \pm 0.2	4.31 \pm 0.1	0.058
Липопротеиды высокой плотности, ммоль/л High density lipoproteins, mmol/L	1.65 \pm 0.08	1.22 \pm 0.05	0.001
Коэффициент атерогенности, у. е. Atherogenic coefficient, c. u.	3.07 \pm 0.1	4.37 \pm 0.2	0.001

цировались с низким, средним и высоким относительным риском возникновения и прогрессирования сердечно-сосудистой патологии (ССП) [9, 10].

Наряду с исследованием биологического материала провели санитарно-химические исследования проб воды⁶.

Первичный материал обработали статистически с использованием программы Microsoft Excel при помощи программного пакета Statistica 6.1. Определяли тип распределения, после чего для параметрических данных рассчитывали средние значения (M) и их ошибки ($\pm m$). Достоверность различий определяли по t -критерию Стьюдента для вероятности $p \leq 0,05$.

Результаты

Возраст лиц группы 1 составил 35,1 \pm 0,5 года, группы 2 – 38,1 \pm 0,6 года ($p = 0,011$); длительность профессиональной деятельности соответственно 2,3 \pm 0,3 и 7,6 \pm 0,4 года ($p = 0,001$).

Показатели крови в каждой группе были в пределах референтных границ, за исключением процентного содержания палочкоядерных нейтрофилов: 0,44 \pm 0,05 и 0,51 \pm 0,06% соответственно (при норме 1–6%). Однако у лиц группы 2 уровень гемоглобина и его средняя концентрация были меньшими (154,6 \pm 0,7 и 156,9 \pm 0,9 г/л, $p = 0,041$; 334 \pm 0,6 и 336,2 \pm 0,8, $p = 0,008$), как и доля эозинофилов – в 1,3 раза (2,81 \pm 0,18 и 3,75 \pm 0,2%; $p = 0,001$). В этой же группе были достоверно большими среднее содержание гемоглобина в эритроците (29,1 \pm 0,25 и 28,0 \pm 0,25 пг; $p = 0,001$), а также средний объём тромбоцитов (9,33 \pm 0,04 и 9,14 \pm 0,05 фл; $p = 0,008$).

При оценке индивидуальных показателей установили, что в группе 1 преобладала по сравнению с группой 2 доля лиц, у которых количество эритроцитов было ниже референтной границы (30 и 6,7% соответственно), с увеличенным средним объёмом эритроцитов (10 и 6,7% соответственно), со сниженными палочкоядерными нейтрофилами (100 и 80% соответственно). У пятой части обследованных был снижен гематокрит и среднее содержание гемоглобина в эритроците. Показатели отличались по гематокриту: в группе 2 – нормальный, у 20% лиц в группе 1 – сниженный. Также были различными средняя концентрация гемоглобина в эритроците (снижен у 20,1% и соответствие норме), среднее содержание гемоглобина в эритроците (повышено у 20,1%, снижено у 20%), средний объём тромбоцитов (повышен у 20,1% и соответствие норме), сегментоядерным нейтрофилам (снижены у 13,4% и соответствие норме). По средним показателям липидов были установлены статистически значимые различия по ТГ (превышение на 8,4% в группе 1) и ЛПВП (превышение на 35,2%). При этом ТГ в группе 1 оценивались как умеренно повышенные, а уровень ЛПВП – как высокий; в группе 2 эти по-

казатели были в референтных границах. ОХ в обеих группах оценивался как высокий. В группе 1 верхние значения ЛПНП достигали интервала, оцениваемого как повышенный уровень, в группе 2 – оценивались как повышенные. КА в первой группе был в пределах нормы, во второй превышал границу нормы (табл. 1).

При детализации было установлено, что в группе 1 доля лиц с нормальными ТГ достигала 50%, а в группе 2 преобладали военнослужащие с умеренно повышенными ТГ. В каждой группе лишь у немногих обследованных показатели ОХ соответствовали норме. В группе 2 доля лиц с нормальными ЛПНП была больше, но там же была больше и доля лиц с высокими ЛПВП. Доля повышенных ЛПВП в группе 1 была в два раза выше, чем в группе 2. Кроме того, во второй группе были выявлены лица со сниженными ЛПВП. Эти изменения обусловили атерогенность липидов крови у значительной доли лиц в каждой группе, но с превышением практически вдвое во второй по сравнению с первой (табл. 2).

Таблица 2 / Table 2

Характеристика индивидуальных показателей липидов крови в группах наблюдения, %

Characteristics of individual blood lipid parameters in observation groups, %

Характеристика липидов крови Characteristics of blood lipids	Группы наблюдения Observation group	
	1	2
Триглицериды: Triglycerides:		
нормальные normal	50.0	40.0
умеренно повышенные moderately elevated	36.4	60.0
повышенные elevated	13.6	0
Общий холестерин: Total cholesterol:		
нормальный normal	9.1	6.7
погранично высокий borderline high	22.7	26.7
высокий high	68.2	66.7
ЛПНП: LDL:		
нормальные normal	9.1	26.7
повышенные enlarged	54.5	13.3
высокие elevated	36.4	60.0
ЛПВП: HDL:		
нормальные normal	27.3	50.0
пониженные reduced	0	13.3
повышенные elevated	72.7	36.7
Коэффициент атерогенности: Atherogenicity coefficient:		
нормальный normal	59.1	20.0
высокий high	40.9	80.0

⁶ СанПиН 1.2.3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности (или) безвредности для человека факторов среды обитания».

Таблица 3 / Table 3
Характеристика С-реактивного белка в когорте наблюдения
Characteristics of C-reactive protein in the observation cohort

Характеристика СРБ Characteristics of C-reactive protein	Абс. Abs. <i>M ± m</i>	%
СРБ, мг/л, в том числе: C-reactive protein, mg/L, incl.:	3.41 ± 0.18	—
низкий low	0.87 ± 0.09	9.8
средний middle	2.0 ± 0.17	23.5
высокий high	4.97 ± 0.15	66.7

У основной доли лиц всей когорты наблюдения СРБ оценивался как высокий (табл. 3).
В первой возрастной группе доли лиц со средним и высоким СРБ составили соответственно 13,6%, а в группе 2 у 26,7% выявлен средний СРБ, у 66,7% — высокий.
Содержание 25-ОН витамина D в плазме крови в лиц групп наблюдения отличалось: в группе 1 преобладали лица с недостаточностью (71,4%), у остальных 28,6% наблюдался дефицит, а в группе 2 доля лиц с недостаточностью достигала 53,3%, с дефицитом — 46,7%. Уровень витамина В₁₂ оценивался как недостаточный у всех 100% обследованных: в группе 1 — 100,7 ± 5,2 пмоль/л, в группе 2 — и 101,4 ± 3,7 пмоль/л (*p* = 0,921). Дефицит

Таблица 4 / Table 4
Показатели минеральной насыщенности организма групп сравнения, абс. вел.
Indicators of mineral saturation in the body of the comparison groups, abs. values

Минеральные вещества (референтные границы) Minerals (reference boundaries)	Группа наблюдения Observation group <i>M ± m</i>		Достоверность различий Significance of differences
	1	2	<i>p</i>
Калий (3.5–5.1 ммоль/л), в том числе: Potassium (3.5–5.1 mmol/L), incl.:	4.47 ± 0.19	4.71 ± 0.12	0.18
выше нормы, % above normal, %	9.1	20.0	
Натрий (136–145 ммоль/л) Sodium (136–145 mmol/L)	140.2 ± 0.6	140.5 ± 0.5	0.643
Кальций ионизированный (1.15–1.35 ммоль/л), в том числе: Ionized calcium (1.15–1.35 mmol/L), incl.:	1.19 ± 0.01	1.19 ± 0.006	0.924
ниже нормы, % below normal, %	18.2	26.7	
Кальций общий (2.02–2.6 ммоль/л) Total calcium (2.02–2.6 mmol/L)	2.17 ± 0.01	2.19 ± 0.02	0.174
Фосфор неорганический (0.7–1.8 ммоль/л) Inorganic phosphorus (0.7–1.8 mmol/L)	0.81 ± 0.01	0.84 ± 0.009	0.041
Магний (0.66–1.03 ммоль/л), в том числе: Magnesium (0.66–1.03 mmol/L), incl.:	0.73 ± 0.01	0.776 ± 0.02	0.038
ниже нормы below normal	27.3	20.0	
Железо (9.5–30 мкмоль/л), в том числе: Iron (9.5–30 μmol/L), incl.:	15.5 ± 1.0	16.1 ± 0.7	0.59
ниже нормы below normal	9.1	20.0	
нижняя граница нормы lower limit of normal	18.2	33.3	

Таблица 5 / Table 5
Показатели минерального состава питьевой воды из талого снега, абс. вел.
Indicators of the good quality of drinking water from melted snow by mineral composition, abs. values

Минеральное вещество Mineral substances content	Интервал Interval (from – to)	Допустимая величина (СанПиН 1.2.3685–21*) Permissible value (SanPiN 1.2.3685–21*)	Нормативные документы на методы исследования Normative documents on research methods
Железо, мг/дм ³ Iron, mg/dm ³	0.011–0.196	0.3	ГОСТ 31870–2012
Медь, мг/дм ³ Copper, mg/dm ³	0.002–0.045	1.0	ГОСТ 31870–2012
Цинк, мг/дм ³ Zinc, mg/dm ³	0.092–0.096	5.0	ГОСТ 31870–2012
Натрий, мг/дм ³ Sodium, mg/dm ³	12.75–17.2	200.0	ГОСТ 31870–2012
Калий, мг/дм ³ Potassium, mg/dm ³	0.26–0.64	—	ГОСТ 31870–2012
Кальций, мг/дм ³ Calcium mg/dm ³	4.99–12.64	25–170	[5]
Магний, мг/дм ³ Magnesium, mg/dm ³	1.72–8.638	50.0	ГОСТ 31870–2012
Марганец, мг/дм ³ Manganese, mg/dm ³	0.014–0.039	0.1	ГОСТ 31870–2012
Жёсткость, мг-экв/дм ³ Hardness, mEq/dm ³	0.39–1.3	7.0	ГОСТ 31954–2012

Примечание. * СанПиН 1.2.3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности (или) безвредности для человека факторов среды обитания».
Note: * SanPiN 1.2.3685–21 "Hygienic standards and requirements for ensuring the safety (or) harmlessness of environmental factors for humans".

фолиевой кислоты определён соответственно у 86,3 и 93,3% обследованных в группах 1 и 2: $3,47 \pm 1,5$ и $3,34 \pm 0,5$ нг/мл соответственно ($p = 0,697$).

При оценке индивидуальных показателей обнаружили, что в каждой группе были лица с избыточностью или недостаточностью тех или иных элементов. Лица с повышенным уровнем калия, пониженным уровнем ионизированного кальция и железа преобладали в группе 2. По натрию и магнию большие сдвиги были выявлены в группе 1 (табл. 4).

Санитарно-химические показатели качества воды из талого снега (пробы 1–3) характеризовались низкой минерализацией (в 5,4–17,9 раза ниже нормы), низким содержанием железа (ниже нормы в 1,5–27,2 раза), меди (ниже нормы в 22,2–50 раз), цинка (ниже нормы в 52,1–54,3 раза), магния (ниже нормы в 5,8–29,1 раза), натрия (ниже нормы в 11,6–15,7 раза), кальция (ниже нормы до 34 раз), марганца (ниже нормы в 7,1–2,6 раза) (табл. 5). Тяжёлые металлы (кадмий, свинец, никель) не обнаруживались; мышьяк определялся в дозах ниже норматива в 7,7–50 раз. Также выявлялся алюминий, но его концентрации в пробах были ниже норматива в 8–21,7 раза.

Обсуждение

Погодно-климатические условия КС оказывают влияние на показатели крови [11–14]. В ответ на действие экстремального холода и гипоксии повышается число эритроцитов, снижается гемоглобин и развиваются железодефицитные состояния [15, 16]. Однако наше исследование было проведено в летний период года. При этом у третьей части лиц группы 1 было определено пониженное число эритроцитов. Кроме того, установлен сниженный гематокрит и увеличенный средний объём эритроцитов, сниженное содержание гемоглобина в эритроците, что могло быть показателем гипотонической гипергидратации (расстройство обмена воды, характеризующееся абсолютным или преобладающим её избытком относительно физиологически оптимального объёма, занимаемого в организме, и сочетающееся с физиологически неадекватным изменением содержания осмотически активных частиц [3]). Действительно, водообеспечение осуществлялось нефизиологичной (низкоминерализованной и с недостаточным содержанием минеральных веществ) водой, что могло способствовать негативным изменениям в показателях крови.

В группе 2 также были выявлены лица, у которых средний объём эритроцита превышал нормальное значение. Вместе с тем обнаруживались и отклонения: гематокрит был в норме, каждый пятый обследованный имел повышенный уровень среднего содержания гемоглобина в эритроците и повышенный средний объём тромбоцитов. Увеличение среднего объёма тромбоцитов, вероятно, могло быть следствием стрессовой реакции организма на влияние экстремальных факторов среды обитания [17, 18]. Другие авторы указывали на дефицит железа — регуляторную роль метаболизма железа в количестве тромбоцитов [16]. В нашем наблюдении о возможном дефиците железа свидетельствовала средняя концентрация гемоглобина в эритроците⁷. Кроме того, у 27,3 и 53,3% лиц в группах 1 и 2 содержание железа в сыворотке крови было ниже референтного значения или на его нижней границе.

Были выявлены изменения в показателях лейкограммы, в частности низкие значения палочкоядерных нейтрофилов в каждой группе. Содержание палочкоядерных нейтрофилов ниже референтных границ могло быть следствием дефицита витамина В₁₂, фолиевой кислоты, железа или меди [18–20]. Такие закономерности были обнаружены и в нашем исследовании.

Среда обитания КС перестроила метаболизм нутриентов у северных народов на липидный с углеводного, что является адекватной адаптацией к экстремальным условиям обитания. Однако изменения в рационах питания и образе жизни приводят к срыву механизмов адаптации и у коренных жителей, и у пришлого населения. Переход на полярный тип обмена веществ активизирует развитие дислипидемии [4, 21], которая служит фактором риска развития ССП, метаболического синдрома и других патологий [22, 23]. На начальном этапе адаптации к условиям КС в организме происходит увеличение ЛПВП, что проявляется компенсаторной реакцией, препятствующей атерогенным изменениям. При увеличении длительности пребывания в данных условиях уровень ЛПВП снижается, нарастает дислипидемия, связанная с гипертриглицеридемией, гиперхолестеринемией за счёт роста ОХ и ЛПНП [22].

В патогенезе большинства ССП атеро- и тромбогенного происхождения лежат как нарушения липидного обмена, так и процессы воспаления, медиатором которых является СРБ [9]. Он считается реальным фактором риска ССП наравне с ТГ, ОХ и ЛПНП. Белок играет функциональную роль в развитии атеросклероза и других патологий: откладывается в атеросклеротических бляшках и повреждённых тканях. Чем выше содержание СРБ, тем больше ассоциация с относительным риском возникновения и прогрессирования ССП [10, 24, 25].

В группе 1 лиц с высоким СРБ было в 4,9 раза меньше, то есть при большем возрасте и продолжительности работ в условиях КС риск развития ССП возрастал, однако и в более молодой группе работающих он присутствовал. Недостаточность ультрафиолетовой инсоляции в условиях КС способствует развитию D-витаминной недостаточности организма [6–8]. В настоящем исследовании, несмотря на летний период года, у всех обследованных были выявлены недостаточность или дефицит данного витамина, более выраженный в группе 2.

Известно, что D-витаминная обеспеченность организма тесно связана с фосфорно-кальциево-магниевым обменом [8, 26, 27]. Магний способствует активации витамина D, регулирующего гомеостаз кальция и фосфатов. Все ферменты, метаболизирующие витамин D, нуждаются в магнии, который действует как кофактор ферментативных реакций в печени и почках [28]. Настоящее исследование выявило у работающих обеих групп дефицит в плазме крови кальция ионизированного, а также магния.

Таким образом, комплексное исследование показателей крови позволило выявить донозологические дезадаптационные изменения у работающих в условиях КС, то есть признаки расстройства приспособления к действию факторов окружающей и внутренней среды или их совокупности. Явления дезадаптации широко распространены и являются основой для развития состояний, промежуточных между здоровьем и болезнью, возникающих при предъявлении организму чрезмерных или необычных для него требований [29, 30]. Важно, что в нашем исследовании эти отклонения от нормы были установлены у лиц моложе 40 лет.

Полученные данные доказывают значимость показателей крови для выявления дезадаптации. Дополнительные исследования должны быть включены в перечень при ежегодной диспансеризации лиц, работающих в условиях КС: определение ЛПВП, ЛПНП; оценка уровней витаминов В₁₂, В₉ и D; определение минеральных веществ (калия, натрия, кальция ионизированного и кальция общего, магния, фосфора, железа).

Дополнительные исследования крови должны проводиться вне зависимости от возраста и стажа работ в условиях КС.

⁷ Железодефицитная анемия. Клинические рекомендации. Минздрав России, 2021. URL: <https://webmed.irkutsk.ru/doc/pdf/krg669.pdf> (дата обращения: 29.02.2024 г.).

Заключение

В летний период года у лиц разного возраста и с различной продолжительностью работ в условиях КС установлены по показателям крови признаки железодефицитной и B_{12} -фолиеводефицитной анемий, подтвержденные сниженным уровнем кобаламина ($100,7 \pm 5,2$ и $101,4 \pm 3,7$ пмоль/л; $p = 0,921$), дефицитом витамина B_9 (у 86,3 и у 93,3% в группах 1 и 2 соответственно; $p = 0,697$), низким уровнем железа — у 27,3 и 53,3% в группах 1 и 2 соответственно. Кроме того, обнаружены признаки гипотонической гипергидратации, обусловленные потреблением низкоминерализованной питьевой воды из талого снега. Продолжительное пребывание и трудовая деятельность в условиях КС приводили к развитию дислипидемии в виде триглицеридемии (у 50 и у 60% обследованных в группах 1 и 2 соответственно), гиперхолестеринемии (по ОХ у 90 и 93,3% обследованных, по ЛНПН — у 90,9 и у 73,3% об-

следованных соответственно). Доля лиц с повышенными ЛПВП среди лиц со стажем $2,3 \pm 0,3$ года составила 72,7%, у лиц со стажем $7,6 \pm 0,4$ года — 36,7%, что обуславливало показатели атерогенности крови в группах 1 и 2 соответственно 40,9 и 80%. С-реактивный белок (высокий у 13,6 и у 66,7% в группах 1 и 2 соответственно) указывал на более высокий риск возникновения и прогрессирования сердечно-сосудистых патологий при увеличении длительности работ на КС. При увеличении стажа работ нарастал дефицит витамина D: в группе 1 недостаточность наблюдалась у 71,4% лиц и дефицит у 28,6%; в группе 2 — у 53,3 и у 46,7% соответственно. Нарушения минерального баланса крови выражалось в превышении содержания К у 9,1 и 20% групп 1 и 2 соответственно, снижение Са ионизированного у 1,2 и у 26,7% в группах 1 и 2 соответственно, а также Fe — у 9,1 и 20% групп 1 и 2 соответственно. Меньшая доля лиц группы 2 со сниженным уровнем Mg в крови, вероятно, обусловлена адаптацией к условиям КС.

Литература

(п.п. 12, 13, 17–20, 24, 25, 28 см. References)

1. Азаров И.И., Бутаков С.С., Жолус Б.И. Физиолого-гигиенические требования к водоснабжению военнослужащих в Арктической зоне. *Военно-медицинский журнал*. 2016; 337(10): 44–5. <https://elibrary.ru/xbtent>
2. Бочаров М.И. Терморегуляция организма при холодовых воздействиях (Обзор). Сообщение I. *Вестник Северного (Арктического) Федерального университета. Серия: Медико-биологические науки*. 2015; (1): 5–15. <https://elibrary.ru/tpdpar>
3. Антонов В.Г., Жерегеля С.Н., Карпищенко А.И., Минаева Л.В. *Водно-электролитный обмен и его нарушения. Руководство для врачей*. М.: ГЭОТАР-Медиа; 2022. <https://elibrary.ru/dovtqz>
4. Громов А.А., Кручинина В.М., Кручинин В.Н. Особенности состояния гемостаза и липидного профиля на Севере. *Атеросклероз*. 2019; 15(3): 62–77. <https://elibrary.ru/uxmtbd>
5. Красновский А.Л., Григорьев С.П., Алехина Р.М., Ежова И.С., Золкина И.В., Лoshкарева Е.О. Современные возможности диагностики и лечения дефицита витамина B_{12} . *Клиницист*. 2016; 10(3): 15–25. <https://doi.org/10.17650/1818-8338-2016-10-3-15-25> <https://elibrary.ru/xkoior>
6. Коробитсына Р.Д., Сорокина Т.Ю. Статус витамина D населения России репродуктивного возраста за последние 10 лет. *Российская Арктика*. 2022; (3): 44–55. <https://elibrary.ru/iqqxoo>
7. Кострова Г.Н., Малайская С.И., Лебедев А.В. Обеспеченность витамином D жителей г. Архангельска в разные сезоны года. *Журнал медико-биологических исследований*. 2022; 10(1): 5–14. <https://doi.org/10.37482/2687-1491-Z085> <https://elibrary.ru/zcfzch>
8. Маганева И.С., Пигарова Е.А., Шульпекова Н.В., Дзеранова Л.К., Еремкина А.К., Милютин А.П. и др. Оценка фосфорно-кальциевого обмена и метаболитов витамина D у пациентов с первичным гиперпаратиреозом на фоне болюсной терапии колекальциферолом. *Проблемы эндокринологии*. 2021; 67(6): 68–79. <https://doi.org/10.14341/probl12851> <https://elibrary.ru/eyhhhm>
9. Уткина Е.А., Афанасьева О.И., Покровский С.Н. С-реактивный белок: патогенетические свойства и возможная терапевтическая мишень. *Российский кардиологический журнал*. 2021; 26(6): 4138. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2021-4138> <https://elibrary.ru/mhvjua>
10. Хазова Е.В., Булашова О.В., Амиров Н.Б. Нужно ли определять высокочувствительный С-реактивный белок у пациентов с хронической сердечной недостаточностью: клинические и прогностические аспекты. *Вестник современной клинической медицины*. 2022; 15(4): 54–9. [https://doi.org/10.20969/VSKM.2022.15\(4\).54-59](https://doi.org/10.20969/VSKM.2022.15(4).54-59)
11. Загородников Г.Г., Коровин А.Е., Мионов 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 Арктики. *Междисциплинарный научный и прикладной журнал «Биосфера»*. 2019; 11(4): 211–26. <https://doi.org/10.24855/biosfera.v11i4.516> <https://elibrary.ru/wnechj>
14. Нагибович О.А., Уховский Д.М., Жекалов А.Н., Ткачук Н.А., Аржавкина Л.Г., Богданова Е.Г. и др. Механизмы гипоксии в Арктической зоне Российской Федерации. *Вестник Российской Военно-медицинской академии*. 2016; (2): 202–5. <https://elibrary.ru/wdcicq>
15. Самодова А.В., Добродеева Л.К. Взаимосвязь эритроцитарных, тромбоцитарных показателей и гематокрита в крови с характером иммунной реакции человека на кратковременное общее охлаждение. *Журнал медико-биологических исследований*. 2019; 7(4): 427–35. <https://doi.org/10.17238/issn2542-1298.2019.7.4.427> <https://elibrary.ru/dnmsrw>
16. Шафиева Л.Н., Шамратова В.Г. Особенности структуры популяций эритроцитов и тромбоцитов крови по корпускулярному объему и их взаимоотношения при экзаменационном стрессе. *Современные проблемы науки и образования*. 2018; (4): 222. <https://elibrary.ru/vktesa>
21. Кривошапкина З.Н., Миронова Г.Е., Семенова Е.И., Олесева Л.Д., Яковлева А.И. Показатели липидного обмена у пришлых жителей Якутии в зависимости от сроков проживания на Севере. *Якутский медицинский журнал*. 2018; (2): 28–30. <https://doi.org/10.25789/YMJ.2018.62.09> <https://elibrary.ru/xqkgfv>
22. Гуревич В.С., Козилова Н.А., Ежов М.В., Сергиенко И.В., Алиева А.С., Вавилова Т.В. и др. Нерешенные проблемы дислипидемии и резидуального сердечно-сосудистого риска. *Атеросклероз и дислипидемии*. 2022; (1): 31–8. <https://doi.org/10.34687/2219-8202.JAD.2022.01.0003> <https://elibrary.ru/ogxhdy>
23. Потеряева О.Н., Усынин И.Ф. Дисфункциональные липопротеины высокой плотности при сахарном диабете 2 типа. *Проблемы эндокринологии*. 2022; 68(4): 69–77. <https://doi.org/10.14341/probl13118> <https://elibrary.ru/pewlnu>
26. Юрьева Э.А., Османов И.М., Воздвиженская Е.С., Шабельникова Е.И. Обмен кальция и фосфатов в норме и при патологии у детей. *Практика педиатра*. 2021; (4): 24–30. <https://elibrary.ru/xpvdjd>
27. Берковская М.А., Кушханашхова Д.А., Сыч Ю.П., Фадеев В.В. Состояние фосфорно-кальциевого обмена у пациентов после бариатрических операций и роль восполнения дефицита витамина D в профилактике и лечении послеоперационных костно-метаболических нарушений. *Ожирение и метаболизм*. 2020; 17(1): 73–81. <https://doi.org/10.14341/omet12306> <https://elibrary.ru/nyyhkj>
29. Авцын А.П. *Введение в географическую патологию*. М.: Медицина; 1972.
30. Авцын А.П. Адаптация и дизадаптация с позиций патолога. *Клиническая медицина*. 1974; 52(5): 3.

References

1. Azarov I.I., Butakov S.S., Zholus B.I. Physiological and hygienic requirements imposed on water supply for troops in the Arctic zone. *Voennno-meditsinskii zhurnal*. 2016; 337(10): 44–5. <https://elibrary.ru/xbtent> (in Russian)
2. Bocharov M.I. Thermoregulation in cold environments (review). Report I. *Vestnik Severnogo (Arkticheskogo) Federal'nogo universiteta. Seriya: Mediko-biologicheskie nauki*. 2015; (1): 5–15. <https://elibrary.ru/tpdpar> (in Russian)
3. Antonov V.G., Zheregelya S.N., Karpishchenko A.I., Minaeva L.V. *Water-Electrolyte Metabolism and Its Disorders. A Guide for Doctors [Vodno-elektrolitnyi obmen i ego narusheniya. Rukovodstvo dlya vrachei]*. Moscow: GEOTAR-Media; 2022. <https://elibrary.ru/dovtqz> (in Russian)
4. Gromov A.A., Kruchinina M.V., Kruchinin V.N. Hemostasis and lipid profile features in the North. *Ateroskleroz*. 2019; 15(3): 62–77. <https://elibrary.ru/uxmtbd> (in Russian)
5. Krasnovskiy A.L., Grigor'iev S.P., Alyokhina R.M., Ezhova I.S., Zolkina I.V., Loshkareva E.O. Modern diagnostic and treatment of vitamin B_{12} deficiency. *Klinitsist*. 2016; 10(3): 15–25. <https://doi.org/10.17650/1818-8338-2016-10-3-15-25> <https://elibrary.ru/xkoior> (in Russian)
6. Korobitsyna R.D., Sorokinai T.Yu. Vitamin D status of the Russian reproductive population over the past 10 years: a systematic review. *Rossiiskaya Arktika*. 2022; (3): 44–55. <https://elibrary.ru/iqqxoo> (in Russian)

Original article

7. Kostrova G.N., Malyavskaya S.I., Lebedev A.V. Vitamin D levels in residents of Arkhangelsk during different seasons of the year. *Zhurnal mediko-biologicheskikh issledovaniy*. 2022; 10(1): 5–14. <https://doi.org/10.37482/2687-1491-Z085> <https://elibrary.ru/zcfzch> (in Russian)
8. Maganeva I.S., Pigarova E.A., Shulpekova N.V., Dzeranova L.K., Eremkina A.K., Miliutina A.P., et al. Vitamin D metabolite and calcium phosphorus metabolism in patients with primary hyperparathyroidism on the background of bolus therapy with colecalciferol. *Problemy endokrinologii*. 2021; 67(6): 68–79. <https://doi.org/10.14341/probl12851> <https://elibrary.ru/eyhhhm> (in Russian)
9. Utkina E.A., Afanasyeva O.I., Pokrovsky S.N. C-reactive protein: pathogenetic characteristics and possible therapeutic target. *Rossiiskii kardiologicheskii zhurnal*. 2021; 26(6): 4138. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2021-4138> <https://elibrary.ru/mhvjua> (in Russian)
10. Khazova E.V., Bulashova O.V., Amirov N.B. Is it necessary to determine highly sensitive C-reactive protein in military pilots with chronic heart failure: clinical and prognostic aspects. *Vestnik sovremennoi klinicheskoi meditsiny*. 2022; 15(4): 54–59. [https://doi.org/10.20969/VSKM.2022.15\(4\).54-59](https://doi.org/10.20969/VSKM.2022.15(4).54-59) (in Russian)
11. Zagorodnikov G.G., Korovin A.Ye., Mironov V.G., Zagorodnikov G.N., Tovpeko D.V., Churilov L.P. The main hematological and metabolic characteristics of peripheral blood in military pilots at different terms of their service in Arctic. *Mezhdistsiplinarnyi nauchnyi i prikladnoi zhurnal «Biosfera»*. 2019; 11(4): 211–26. <https://doi.org/10.24855/biosfera.v11i4.516> <https://elibrary.ru/wnechj> (in Russian)
12. Balashova S.N., Samodova A.V., Dobrodeeva L.K., Belisheva N.K. Hematological reactions in the inhabitants of the Arctic on a polar night and a polar day. *Immun. Inflamm. Dis*. 2020; 8(3): 415–22. <https://doi.org/10.1002/iid3.323>
13. Dobrodeeva L.K., Samodova A.V., Balashova S.N., Pashinskaya K.O. Intercellular Interactions in Peripheral Venous Blood in Practically Healthy Residents of High Latitudes. *Biomed. Res. Int*. 2021; 7086108. <https://doi.org/10.1155/2021/7086108>
14. Nagibovich O.A., Ukhovsky D.M., Zhekalov A.N., Tkachuk N.A., Arzhavkina L.G., Bogdanova E.G., et al. Mechanisms of hypoxia in Arctic zone of Russian Federation. *Vestnik Rossiiskoi Voenno-meditsinskoi akademii*. 2016; (2): 202–5. <https://elibrary.ru/wdciqd> (in Russian)
15. Samodova A.V., Dobrodeeva L.K. Interrelation of red blood cell and platelet levels and haematocrit with human immune response to short-term whole-body cooling. *Zhurnal mediko-biologicheskikh issledovaniy*. 2019; 7(4): 427–35. <https://doi.org/10.17238/issn2542-1298.2019.7.4.427> <https://elibrary.ru/dnmsrw> (in Russian)
16. Shafieva L.N., Shamratova V.G. Features of the population structure of red blood cells and platelets by corpuscular volume and their correlation under exam stress. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*. 2018; (4): 222. <https://elibrary.ru/vkteca> (in Russian)
17. Kim S., Cho S.Y. Investigation of iron metabolism for regulating megakaryopoiesis and platelet count according to the mechanisms of anemia. *Clin. Lab*. 2018; 64(3): 329–32. <https://doi.org/10.7754/clin.lab.2017.170824>
18. Torrez M., Chabot-Richards D., Babu D., Lockhart E., Foucar K. How I investigate acquired megaloblastic anemia. *Int. J. Lab. Hematol*. 2022; 44(2): 236–47. <https://doi.org/10.1111/ijlh.13789>
19. Knott L. Neutropenic patients and neutropenic regimens. *Neutropenia*. Available at: <https://patient.info/doctor/neutropenic-patients-and-neutropenic-regimens>
20. Costanzo G., Sambugaro G., Mandis G., Vassallo S., Scuteri A. Pancytopenia Secondary to Vitamin B₁₂ Deficiency in Older Subjects. *J. Clin. Med*. 2023; 12(5): 2059. <https://doi.org/10.3390/jcm12052059>
21. Krivoshapkina Z.N., Mironova G.E., Semenova E.I., Olesova L.D., Yakovleva A.I. Lipid metabolism in the non-indigenous population of Yakutia depending on length of stay in the North. *Yakutskii meditsinskii zhurnal*. 2018; (2): 28–30. <https://doi.org/10.25789/YMJ.2018.62.09> <https://elibrary.ru/xqkgfv> (in Russian)
22. Gurevich V.S., Koziolova N.A., Ezhov M.V., Sergienko I.V., Alieva A.S., Vavilova T.V., et al. Unsolved problems of dyslipidemia and residual cardiovascular risk. *Ateroskleroz i dislipidemii*. 2022; (1): 31–8. <https://doi.org/10.34687/2219-8022.JAD.2022.01.0003> <https://elibrary.ru/ogxhdy> (in Russian)
23. Poteryaeva O.N., Usynin I.F. Dysfunctional high-density lipoproteins in diabetes mellitus. *Problemy Endokrinologii*. 2022; 68(4): 69–77. <https://doi.org/10.14341/probl13118> <https://elibrary.ru/pewlnu> (in Russian)
24. Denegri A., Boriani G. High sensitivity C-reactive Protein (hsCRP) and its implications in cardiovascular outcomes. *Curr. Pharm. Des*. 2021; 27(2): 263–75. <https://doi.org/10.2174/138161282666200717090334>
25. Melnikov I., Kozlov S., Saburova O., Avtaeva Y., Guria K., Gabbasov Z. Monomeric C-reactive protein in atherosclerotic cardiovascular disease: advances and perspectives. *Int. J. Mol. Sci*. 2023; 24(3): 2079. <https://doi.org/10.3390/ijms24032079>
26. Yureva E.A., Osmanov I.M., Vozdvizhenskaya E.S., Shabelnikova E.I. Normal and pathological calcium and phosphate metabolism in children. *Praktika pediatria*. 2021; (4): 24–30. <https://elibrary.ru/xpvdjd> (in Russian)
27. Berkovskaya M.A., Kushkhanashkhova D.A., Sych Yu.P., Fadeev V.V. Characteristics of calcium and phosphorus metabolism in patients after bariatric surgery and the role of vitamin D supplementation in the prevention and treatment of postoperative bone and mineral disorders. *Ozhirenie i metabolismizm*. 2020; 17(1): 73–81. <https://doi.org/10.14341/omet12306> <https://elibrary.ru/nyyhkj> (in Russian)
28. Uwitonze A.M., Razzaque M.S. Role of magnesium in vitamin D activation and function. *J. Am. Osteopath. Assoc*. 2018; 118(3): 181–9. <https://doi.org/10.7556/jaoa.2018.037>
29. Avtsyn A.P. *Introduction to Geographical Pathology [Vvedenie v geograficheskuyu patologiyu]*. Moscow: Meditsina; 1972. (in Russian)
30. Avtsyn A.P. Adaptation and disadaptation from the perspective of a pathologist. *Klinicheskaya meditsina*. 1974; 52(5): 3. (in Russian)

Сведения об авторах

Рахманов Рофаиль Салыхович, доктор мед. наук, профессор, профессор каф. гигиены ФГБОУ ВО ПИМУ Минздрава России, 603950, Нижний Новгород, Россия. E-mail: raf53@mail.ru

Нарутдинов Денис Алексеевич, канд. мед. наук, преподаватель каф. общественного здоровья и здравоохранения ФГБОУ ВО КрасГМУ им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого Минздрава России, 660022, Красноярск, Россия. E-mail: den007-19@mail.ru

Богомолова Елена Сергеевна, доктор мед. наук, профессор, зав. каф. гигиены, ФГБОУ ВО ПИМУ Минздрава России; 603950, Нижний Новгород, Россия. E-mail: olenabgm@rambler.ru

Разгулин Сергей Александрович, доктор мед. наук, доцент, зав. каф. экстремальной медицины, ФГБОУ ВО ПИМУ Минздрава России; 603950, Нижний Новгород, Россия. E-mail: kafedramk@pimunn.ru

Непряхин Дмитрий Викторович, канд. мед. наук, доцент каф. гигиены ФГБОУ ВО ПИМУ Минздрава России; 603950, Нижний Новгород, Россия. E-mail: mutassyvo@mail.ru

Information about the authors

Rofail S. Rakhmanov, DSc (Medicine), Professor, Professor of the Department of Hygiene, Volga Research Medical University, Nizhny Novgorod, 603950, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0003-1531-5518> E-mail: raf53@mail.ru

Denis A. Narutdinov, PhD (Medicine), Lecturer at the Department of Public Health and Healthcare, Krasnoyarsk State Medical University named after prof. V.F. Voino-Yasenetsky, Krasnoyarsk, 660022, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-5438-8755> E-mail: den007-19@mail.ru

Elena S. Bogomolova, DSc (Medicine), Professor, Head of the Department of Hygiene, Volga Research Medical University, Nizhny Novgorod, 603950, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-1573-3667> E-mail: olenabgm@rambler.ru

Sergey A. Razgulin, DSc (Medicine), Associate Professor, Head of the Department of Extreme Medicine, Volga Research Medical University, Nizhny Novgorod, 603950, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0001-8356-2970> E-mail: kafedramk@pimunn.ru

Dmitry V. Nepriyakhin, PhD (Medicine), Associate Professor of the Department of Hygiene, Volga Research Medical University, Nizhny Novgorod, 603950, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0003-3952-3960> E-mail: mutassyvo@mail.ru