

ПРОФИЛАКТИЧЕСКАЯ МЕДИЦИНА PREVENTIVE MEDICINE

СОДЕРЖАНИЕ ЛЕЙКОЦИТОВ И ФАГОЦИТОЗ У МУЖЧИН ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ПРОФЕССИЙ В УСЛОВИЯХ СУБАРКТИЧЕСКОГО РЕГИОНА

**Сергеева Т.Б.,
Шашкова Е.Ю.,
Щёголева Л.С.**

ФГБУН Федеральный
исследовательский центр комплексного
изучения Арктики им. акад. Н.П. Лаверова
Уральского Отделения РАН (163020
г. Архангельск, проспект Никольский, 20,
Россия)

Автор, ответственный за переписку:
Шашкова Елизавета Юрьевна
e-mail: eli1255@ya.ru

РЕЗЮМЕ

Мужчины старше 45 лет являются социально значимой группой, большинство из которых достигло профессиональной зрелости, вносит значительный вклад в экономику страны, своей семьи. В Архангельской области состояние здоровья 40–45-летних мужчин (57 %) характеризуется сердечно-сосудистой патологией, 14,7 % – патологией желудочно-кишечного тракта, 47,4 % – бронхолегочной патологией и 17,0 % – заболеваниями опорно-двигательного аппарата. Специалисты гидрографической службы г. Архангельска мужского пола выполняют плановые и специальные гидрографические работы вахтовым методом в течение навигационного периода, совершая кратковременные частые рейсы длительностью 16 суток в Северных морях.

Цель исследования. Проанализировать особенности содержания лейкоцитов и фагоцитоза у гидрографов Архангельского района гидрографической службы СФ РФ с учетом возраста и стажа работы в условиях северных морей.

Материалы и методы. Обследовано 36 мужчин, работающих в гидрографической службе СФ РФ, короткими вахтами по 16 суток: 15 человек в возрасте 30–40 лет со стажем работы 10 лет и 21 человек в возрасте 50–65 лет со стажем работы 20 лет. Определяли содержание лейкоцитов и фагоцитоз в периферической венозной крови с учетом возраста и стажа работы. Для статистической обработки применен пакет прикладных программ Microsoft Excel 2010 и SPSS 20.0 для Windows.

Результаты. Установлено, что у гидрографов младшей возрастной группы со стажем работы 10 лет в 1,5–2 раза чаще встречается дефицит лейкоцитов, лимфоцитов и моноцитов, взаимосвязанный с низкой активностью фагоцитоза. У старшей возрастной группы лиц со стажем работы 20 лет лейкоцитоз, лимфоцитоз и моноцитоз регистрируются в 1,5 раза чаще на фоне повышенной активности процессов фагоцитоза.

Заключение. Фагоцитарная активность нейтрофилов выше у старшей возрастной группы со стажем работы 20 лет в экстремальных условиях.

Ключевые слова: лейкоциты, лимфоциты, фагоцитоз, гидрографическая служба, субарктический регион

Статья поступила: 25.06.2025
Статья принята: 19.05.2026
Статья опубликована: 23.07.2026

Для цитирования: Сергеева Т.Б., Шашкова Е.Ю., Щёголева Л.С. Содержание лейкоцитов и фагоцитоз у мужчин экстремальных профессий в условиях субарктического региона. *Acta biomedica scientifica*. 2026; 11(3): 131-137. doi: 10.29413/ABS.2026-11.3.16

LEUKOCYTES AND PHAGOCYTOSIS IN MEN OF EXTREME PROFESSIONS IN THE SUBARCTIC REGION

**Sergeeva T.B.,
Shashkova E.Yu.,
Shchegoleva L.S.**

N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (Nikolsky Avenue, 20, Arkhangelsk 163020, Russian Federation)

Corresponding author:
Elizaveta Yu. Shashkova
e-mail: eli1255@ya.ru

ABSTRACT

Men over the age of 45 are a socially significant group, most of whom have reached professional maturity and make a significant contribution to the country's economy and their families. In the Arkhangelsk Region, the health status of 40–45-year-old men (57 %) is characterized by cardiovascular pathology, 14.7 % – by gastrointestinal pathology, 47.4 % – by bronchopulmonary pathology, and 17.0 % – by musculoskeletal disorders. Male specialists from the Hydrographic Service in Arkhangelsk carry out planned and special hydrographic works during the navigation period on a rotational basis, making short-term frequent trips of 16 days in the Northern Seas.

The aim. To analyze the features of leukocyte content and phagocytosis in hydrographers of the Arkhangelsk region of the Hydrographic Service of the Russian Federation, taking into account their age and work experience in the northern seas.

Materials and methods. Thirty-six men working in the hydrographic service of the Federation Council of the Russian Federation were examined with short 16-day shifts: 15 men aged 30–40 with 10 years of work experience and 21 men aged 50–65 with 20 years of work experience. The leukocytes count and phagocytosis in peripheral venous blood were determined, taking into account age and work experience. For statistical processing, Microsoft Excel 2010 and SPSS 20.0 for Windows were used as software packages.

Results. It has been established that hydrographers of the younger age group with 10 years of work experience have a 1.5–2 times higher incidence of leukocyte, lymphocyte, and monocyte deficiency, which is associated with low phagocytosis activity. In the older age group of individuals with 20 years of work experience, leukocytosis, lymphocytosis, and monocytosis are recorded 1.5 times more frequently against the background of increased phagocytosis activity.

Conclusion. The phagocytic activity of neutrophils is higher in the older age group with 20 years of experience in extreme conditions.

Keywords: leukocytes, lymphocytes, phagocytosis, hydrographic service, subarctic region

Received: 25.06.2025
Accepted: 19.05.2026
Published: 23.07.2026

For citation: Sergeeva T.B., Shashkova E.Yu., Shchegoleva L.S. Leukocytes and phagocytosis in men of extreme professions in the subarctic region. *Acta biomedica scientifica*. 2026; 11(3): 131-137. doi: 10.29413/ABS.2026-11.3.16

ВВЕДЕНИЕ

Архангельская область расположена в различных климатогеографических зонах: арктической, субарктической и умеренной. В связи с тем, что около 40,0 % её территории лежит за полярным кругом в зоне вечной мерзлоты и находится под влиянием влажных воздушных масс с Атлантики и холодного водного массива Белого моря и Арктики, этот регион характеризуется такими неблагоприятными климатогеографическими факторами, как низкие температуры воздуха, высокая влажность, большая подвижность воздушных масс, резкая сезонная фотопериодичность, значительные перепады барометрического давления и повышенная геомагнитная активность в сочетании друг с другом [1-3].

В Архангельской области велика смертность лиц в трудоспособном возрасте, несмотря на ее ежегодное снижение. Так, удельный вес умерших в трудоспособном возрасте в 2014 году составил 27,3 % от числа всех умерших (в 2010 году – 32,0 %). Смертность мужчин во всех возрастных группах выше смертности женщин, особенно в трудоспособном возрасте. Замечено, что мужчины старше 45 лет являются социально значимой группой, большинство из них достигло профессиональной зрелости, вносит значительный вклад в экономику страны, своей семьи [4-6]. В Архангельской области состояние здоровья сорокалетних мужчин (57 %) характеризовалось сердечно-сосудистой патологией, 14,7% – патологией желудочно-кишечного тракта, 47,4 % – бронхолегочной патологией и 17,0 % – заболеваниями опорно-двигательного аппарата [4, 5, 7].

Гидрографическая служба России в настоящее время является структурным формированием Министерства обороны Российской Федерации. Основные функции Гидрографической службы ВМФ России: обеспечение навигационно-гидрографической, гидрометеорологической, топогеодезической и навигационно-гидрографической морской деятельности России с учетом международных обязательств по охране человеческой жизни во внутренних водах, находящихся под юрисдикцией РФ.

Как правило, сотрудниками являются мужчины трудоспособного возраста, годные по состоянию здоровья к несению службы и проходящие ежегодную военную медицинскую комиссию, согласно приказу 302-Н на базе 1-го филиала ФГУ «1469 ВМКГ СФ». Специалисты гидрографической службы г. Архангельска мужского пола выполняют плановые и специальные гидрографические работы в течение всего навигационного периода, совершая кратковременные частые рейсы длительностью до 16 суток и длительностью 265 суток, обеспечивающих работу маяков. Представляло интерес изучить содержание лейкоцитов и фагоцитоз в иммунном ответе у лиц, работающих короткой вахтой 16 суток в условиях северных морей.

Известно, что самой многочисленной популяцией клеток периферической крови являются нейтрофилы (до 70 % общего содержания лейкоцитов). При этом фактически в анализе можно оценить только 50 %

лейкоцитов (циркулирующий пул), которые не ограничены в специализации и могут дифференцироваться под влиянием микроокружения в антигенпрезентирующие клетки. Остальные 50 % являются пристеночными нейтрофилами, готовыми выйти из сосудов в ткани для осуществления фагоцитоза [8]. По результатам исследования практически здоровых жителей Архангельской области не экстремальных профессий в возрасте от 20 до 77 лет в период 2014–2024 гг сотрудниками ИФПА УрО РАН, г. Архангельск [9] установлено, что апоптоз нейтрофилов сопровождается увеличением количества палочкоядерных нейтрофилов, не влияя при этом на их фагоцитарную активность. Уровень некроза у северян значительно ниже программируемой гибели нейтрофилов, что способствует поддержанию клеточного гомеостаза без воспалительной реакции [10, 11].

Актуальность исследования подтверждается его научной новизной, впервые детально изученном соотношении содержания лейкоцитов и фагоцитоза в обеспечении иммунного ответа у взрослых трудоспособных людей с учетом стажа, возраста и продолжительности вахты в экстремальных климатических и профессиональных условиях Арктических морей. Установлена взаимосвязь содержания лейкоцитов с разнообразием иммунных дисбалансов. Полученные в процессе исследования данные о кооперации иммунокомпетентных клеток дополняют современные представления о физиологических механизмах развития адаптивных иммунных реакций у лиц, работающих в условиях Арктических морей разновахтовым методом для разработки мер по предупреждению вторичных экологически зависимых иммунодефицитов, связанных с условиями жизни и профессиональной деятельности в Арктическом регионе на Европейском Севере РФ. Полученные данные расширяют представления об индивидуальной адаптивной способности организма и вносят существенный вклад в знания экологической физиологии. Установленные в исследовании соотношения врожденных и адаптивных иммунных реакций позволят установить в дальнейших исследованиях механизмы активации каждого этапа развития адаптивного иммунного ответа, что может быть использовано в качестве прогноза состояния здоровья и для обоснования компенсационных мероприятий работникам, обслуживающим побережье Арктических морей.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Проанализировать особенности содержания лейкоцитов и фагоцитоза у гидрографов Архангельского района гидрографической службы СФ РФ с учетом возраста и стажа работы в условиях северных морей.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Работа выполнена на базе лаборатории физиологии иммунокомпетентных клеток института

физиологии природных адаптаций Федерального Исследовательского Центра Комплексного Изучения Арктики им. акад. Н.П. Лаверова Уральского Отделения Российской Академии Наук, г. Архангельск, Россия.

Обследовано 36 мужчин, работающих в Архангельском районе гидрографической службы Северного флота Российской Федерации (АРГС СФ РФ) короткими вахтами (16 суток), из них: 15 человек в возрасте 30–40 лет со стажем работы 10 лет и 21 человек в возрасте 50–65 лет со стажем работы 20 лет.

Работа выполнена в соответствии с этическими нормами согласно Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации 1964 года с изменениями и дополнениями 2013 года. Для проведения исследования получено заключение этического комитета ФГБУН ФИЦКИА РАН (Протокол № 001-20/01 от 20.01.2025 г.), государственного задания № 125021902582-1 «Физиологическая значимость особенностей адаптивных и врожденных иммунных реакций в формировании резервных возможностей иммунного гомеостаза у жителей Арктического региона в зависимости от возраста, пола и профессионального статуса».

Комплекс иммунологического обследования людей включал изучение содержания в периферической крови лейкоцитов, лимфоцитов, моноцитов, эозинофилов, нейтрофилов и фагоцитарную активность нейтрофилов. Определение содержания нейтрофилов и лимфоцитов в периферической крови выполнено с помощью гематологического анализатора Pentra 60 ABX (в абсолютных значениях). Фагоцитарную активность и количество клеток определяли путем инкубации крови с частицами латекса в течение 30 минут при температуре 37°C с последующим окрашиванием по Романовскому – Гимзе. Подсчет клеток проводили с помощью иммерсионной микроскопии (Nikon Eclipse 50i). Статистическую обработку результатов осуществляли с помощью пакета прикладных программ Microsoft Excel 2010 и SPSS 20.0 для Windows. Различия сравниваемых показателей определяли с помощью критерия *t*-Стьюдента (распределение нормальное), принимались достоверными при уровне значимости $p < 0,05$ – $0,01$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты исследований Boscolo P, et al. показали, что тип профессиональной деятельности человека меняет активность всех Т-лимфоцитов (CD5⁺) и естественных киллеров (NK-клеток): доказано, что высокая рабочая стрессовая нагрузка у рабочих фабрик и строителей коррелирует с более низкой активностью NK-лимфоцитов и Т-клеток (CD5⁺), в то же время у офисных работников и художников наблюдается повышенная активность NK-клеток из-за меньшего стресса [12, 13]. Многолетние исследования иммунного статуса у человека на севере по данным Балашовой С.Н. и соавт., показали, что активизация гранулоцитов с антигенной детерминантой CD95⁺ у лиц, чья профессиональная деятельность не связана с экстремальными

условиями труда, имеет жесткую взаимосвязь с увеличением концентрации палочкоядерных форм лейкоцитов и, одновременно с этим, со значительным снижением количества зрелых дифференцированных клеток. Есть мнение, что активность процесса апоптоза нейтрофилов не меняет активность фагоцитарной реакции, но замечено, что снижение его интенсивности взаимосвязано с низким фагоцитарным числом [14, 15].

Уникальные условия труда вахтовым методом в северных морях Субарктического региона вызывают стресс организма человека, связанный с профессиональной деятельностью, образом жизни и длительностью вахты, что оказывает влияние на здоровье гидрографов, разбалансируя системы органов, в том числе иммунную [1]. Длительность воздействия экстремальных профессиональных и экологических факторов может способствовать снижению резерва иммунного гомеостаза с последующим развитием вторичных экологически зависимых иммунодефицитов, проявляющихся склонностью к хронической патологии [16].

Профессиональная деятельность человека в суровых условиях северного региона, включая военную службу, гидрографию, работу на открытом воздухе и др. требует интенсивных физических энергозатрат, а длительность воздействия экстремальных факторов окружающей среды еще больше ослабляет иммунную защиту организма [17–19].

Следует указать, что общее содержание лейкоцитов в периферической крови у обследуемых находится в пределах общепринятых физиологических норм, при этом важно отметить, что содержание нейтрофилов, эозинофилов и моноцитов несколько повышено, (табл. 1).

В ходе исследования выявили, что уровень содержания общего количества лейкоцитов у мужчин со стажем работы 10 лет составил $6,63 \pm 0,50 \cdot 10^9$ кл/л, у мужчин со стажем работы 20 лет – $7,02 \pm 0,54 \cdot 10^9$ кл/л. Лейкопении у обследуемых групп не выявлены, а лейкоцитоз регистрировался в 6,7 и 14,3 % случаев соответственно.

Средний уровень лимфоцитов в обследуемых группах составил: $2,27 \pm 0,23 \cdot 10^9$ кл/л и $2,88 \pm 0,32 \cdot 10^9$ кл/л соответственно. Анализ частоты дисбалансов показал, что в обследуемых группах лимфопении зарегистрированы в 13,3 и 4,8 % случаев, а повышенные уровни лимфоцитов отмечались у 6,7 и 14,3 % обследуемых соответственно.

Общее количество моноцитов составило $0,44 \pm 0,06$ и $0,43 \pm 0,05 \cdot 10^9$ кл/л соответственно. У мужчин со стажем работы 10 лет пониженных значений не зафиксировано, а в группе мужчин со стажем 20 лет дефицит указанного параметра встречался в 4,8 % случаев (табл. 2). Напротив, высокий уровень содержания моноцитов встречался чаще в группе мужчин со стажем работы 20 лет (6,7 и 14,3 % соответственно).

Общее количество эозинофилов в обеих обследуемых группах составило $0,20 \pm 0,03 \cdot 10^9$ кл/л. Повышенные значения встречались в 20,0 и 19,0 % случаев соответственно, без существенной разницы по возрасту и стажу.

ТАБЛИЦА 1

СРЕДНЕЕ СОДЕРЖАНИЕ ЛЕЙКОЦИТОВ В ПЕРИФЕРИЧЕСКОЙ КРОВИ У МУЖЧИН-ГИДРОГРАФОВ АРХАНГЕЛЬСКОГО РАЙОНА ГИДРОГРАФИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ СФ РФ (M=+/-M, ФАГОЦИТАРНОГО ЧИСЛА И ПРОЦЕНТА АКТИВНЫХ ФАГОЦИТОВ (%))

TABLE 1

THE AVERAGE LEUKOCYTE COUNT IN THE PERIPHERAL BLOOD OF MALE HYDROGRAPHERS IN THE ARKHANGELSK REGION OF THE HYDROGRAPHIC SERVICE OF THE FEDERATION COUNCIL OF THE RUSSIAN FEDERATION (M=+/-M, OF THE PHAGOCYTIC NUMBER AND PERCENTAGE OF ACTIVE PHAGOCYTES (%))

Показатели	Кол-во обследуемых, n=15	Кол-во обследуемых, n=21	Референсные значения	t-критерий Стьюдента
	Стаж 10 лет, возраст 30–40 лет	Стаж 20 лет, возраст 50–65 лет		
Общее кол-во лейкоцитов, $L \cdot 10^9$ кл/л	6,63±0,50	7,02±0,54	4–8,8	0,526
Общее кол-во лимфоцитов, 10^9 кл/л	2,27±0,23	2,88±0,32	1,5–3,5	0,080
Общее кол-во моноцитов, 10^9 кл/л	0,44±0,06	0,43±0,05	0,09–0,6	0,898
Общее кол-во эозинофилов, 10^9 кл/л	0,20±0,04	0,20±0,03	0,02–0,3	0,950
Общее кол-во нейтрофилов, 10^9 кл/л	3,73±0,36	3,52±0,36	1,5–5,5	0,664
Фагоцитарное число	6,04±0,38	7,11±0,50	4–9	0,067
% активных фагоцитов	67,57±2,84	65,75±2,32	>50	0,592

ТАБЛИЦА 2

ЧАСТОТА ВСТРЕЧАЕМОСТИ ИММУННЫХ ДИСБАЛАНСОВ У МУЖЧИН-ГИДРОГРАФОВ АРХАНГЕЛЬСКОГО РАЙОНА ГИДРОГРАФИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ СФ РФ, (%)

TABLE 2

FREQUENCY OF OCCURRENCE OF IMMUNE IMBALANCES IN MALE HYDROGRAPHERS OF THE ARKHANGELSK DISTRICT OF THE HYDROGRAPHIC SERVICE OF THE FEDERATION COUNCIL OF THE RUSSIAN FEDERATION, (%)

Показатели	Кол-во обследуемых, n=15	Кол-во обследуемых, n=21
	Стаж 10 лет, возраст 30–40 лет	Стаж 20 лет, возраст 50–65 лет
Лейкоциты $L \cdot 10^9$ кл/л, <4,0	нет	нет
Лейкоциты $L \cdot 10^9$ кл/л, >8,8	6,7	14,3
Лимфоциты 10^9 кл/л, <1,5	13,3	4,8
Лимфоциты 10^9 кл/л, >3,5	6,7	14,3
Моноциты 10^9 кл/л, <0,09	нет	4,8
Моноциты 10^9 кл/л, >0,6	6,7	14,3
Эозинофилы 10^9 кл/л, >0,3	20,0	19,0
Нейтрофилы 10^9 кл/л, <1,5	6,7	14,3
Нейтрофилы 10^9 кл/л, >5,5	6,7	4,8
ФЧ>9	6,7	38,1
Снижение % активных фагоцитов	6,7	4,8

Уровень содержания общего количества нейтрофилов у мужчин со стажем работы 10 лет составил $3,73 \pm 0,36 \cdot 10^9$ кл/л, у мужчин со стажем работы 20 лет – $3,52 \pm 0,36 \cdot 10^9$ кл/л. Незначительный дефицит нейтрофилов в старшей возрастной группе обследуемых выявлялся в 2 раза чаще.

По нашим данным фагоцитарное число составило $6,04 \pm 0,13$ – у мужчин со стажем работы 10 лет и $7,11 \pm 0,50$ – у мужчин со стажем работы 20 лет. Количество активных фагоцитов – $67,57 \pm 2,84$ и $65,75 \pm 2,32$ %

соответственно, без существенной разницы по возрасту и стажу. Средний уровень фагоцитарной активности нейтрофилов периферической крови гидрографов в экстремальных профессиональных условиях северных морей находится ближе к верхней границе физиологических показателей.

По результатам многолетних исследований состояния иммунного статуса лиц экстремальных профессий (гидрографы) в условиях Арктических морей к основным рекомендациям мы настоятельно относим

включение исследования клеточного и гуморально-го иммунитета в период прохождения стандартной медкомиссии вахтовиков, что позволит своевременно выявлять иммунные дисбалансы и корректировать состояние иммунной системы, на основании полученных данных могут быть разработаны меры профилактики развития вторичного экологически зависимого иммунодефицита.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, у мужчин младшей возрастной группы, работающих 10 лет в суровых условиях северных морей (Баренцево, Белое) Архангельского района гидрографической службы Северного флота РФ в 1,5–2 раза чаще встречается дефицит лейкоцитов, лимфоцитов и моноцитов, взаимосвязанный с низкой активностью фагоцитоза, чем у работников старшей возрастной группы со стажем 20 лет, у которых лейкоцитоз, лимфоцитоз и моноцитоз регистрируются в 1,5 раза чаще на фоне повышенной активности процессов фагоцитоза. Фагоцитарная активность нейтрофилов несколько выше у старшей возрастной группы со стажем работы 20 лет в экстремальных условиях ($p < 0,05$).

Финансирование

Исследование выполнено в рамках государственного задания «Физиологическая значимость особенностей адаптивных и врожденных иммунных реакций в формировании резервных возможностей иммунного гомеостаза у жителей Арктического региона в зависимости от возраста, пола и профессионального статуса» № гос. регистрации 125021902582-1.

Конфликт интересов

Авторы данной статьи заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Благодарность

Авторы выражают благодарность научному сотруднику лаборатории физиологии иммунокомпетентных клеток к.б.н. М.С. Каббани за консультации по статистическому анализу.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Добродеева Л.К., Штаборов В.А., Меньшикова Е.А., Добродеев К.Г. *Активность иммунных реакций в зависимости от характера питания и состояния органов желудочно-кишечного тракта*. Екатеринбург: УрО РАН; 2018; 172. [Dobrodeeva LK, Sturaborov VA, Mentshikova EA, Dobrodeev KG. *The activity of immune reactions depending on the nature of the diet and the state of the organs of the gastrointestinal tract*. Yekaterinburg: Ural Branch of the Russian Academy of Sciences; 2018; 172. (In Russ.)].
2. Добродеева Л.К., Патракеева В.П. *Влияние миграционных и пролиферативных процессов лимфоцитов*

на состояние иммунного фона человека, проживающего в условиях высоких широт. Екатеринбург: УрОРАН; 2018; 203. [Dobrodeeva LK, Patrakeeva VP. *The influence of migration and proliferative processes of lymphocytes on the state of the immune background of a person living in conditions of high latitudes*. Yekaterinburg: Utoloran; 2018; 203. (In Russ.)].

3. Dobrodeeva LK, Filippova OE, Balashova SN. The Content Ratio of Immunocompetent Cells in the Regulation of the Immune Status of a Person Living in the North. *Vestnik Ural'skoy meditsinskoy akademicheskoy nauki*. 2014; 2: 132–134.

4. Алексеенко В.Д., Симонова Н.Н., Зуева Т.Н. Влияние производственных факторов на состояние здоровья работников нефтедобычи при вахтовой организации труда в Заполярье. *Экология человека*. 2009; 6: 47–50. [Alekseenko V.D., Simonova N.N., Zueva T.N. Influence of industrial factors on health status of oil production workers during rotations in Polar region. *Human Ecology*. 2009; 6: 47–50. (In Russ.)].

5. Сюрин С.А., Буракова О.А. Особенности общей и профессиональной патологии горняков апатитовых рудников Крайнего Севера. *Медицина труда и промышленная экология*. 2012; 3: 15–19. [Surin SA, Burakova OA. Features of general and occupational pathology in miners of apatite mines in Far North. *Labor medicine and industrial ecology*. 2012; 3: 15–19. (In Russ.)].

6. Федеральная служба государственной статистики. *Статистический ежегодник Архангельской области: статистический сборник*. Архангельск: Архангельскстат, 2009–2017. 2018; 187. [Federal State Statistics Service. *Statistical annual Arkhangelsk region: Statistical collection*. Arkhangelsk: Arkhangelskstat, 2009–2017. 2018; 187. (In Russ.)].

7. Федеральная служба государственной статистики. *Статистический ежегодник Ненецкого автономного округа: статистический сборник*. Архангельск: Архангельскстат, 2011–2017. 2018; 153. [Federal State Statistics Service. *Statistical annual Nenets Autonomous Okrug: Statistical Collection*. Arkhangelsk: Arkhangelskstat, 2011–2017. 2018; 153. (In Russ.)].

8. Kim J, Bae J-S. Tumor-associated macrophages and neutrophils in tumor microenvironment. *Mediators Inflamm*. 2016; 2016: 6058147. doi: 10.1155/2016/6058147

9. Добродеева Л.К., Балашова С.Н., Добродеев К.Г. *Нейтропения и регуляция иммунитета у человека в условиях Арктики*. Екатеринбург: УрО РАН. 2021: 198. [Dobrodeeva LK, Patrakeeva VP. *Neutropenia and regulation of immunity in humans in Arctic conditions*. Yekaterinburg: Utoloran; 2021: 198. (In Russ.)].

10. Dobrodeeva LK, Patrakeeva VP, Samodova AV, Balashova SN. Fundamental studies of the response patterns of the human immune system in the conditions of the North. *Arctic Biomonitoring. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2019; 263(1): 012046. doi: 10.1088/1755-1315/263/1/012046

11. Balashova SN, Samodova AV, Dobrodeeva LK, Belisheva NK. Hematological reactions in the inhabitants of the Arctic on a polar night and a polar day. *Immunity, In-*

flammation and Disease. 2020; 8(3): 415-422. doi: 10.1002/iid3.323

12. Boscolo P, Forcella L, Reale M, Vianale G, Battisti U, Bonfiglioli R, et. al. Job strain in different types of employment affects the immune response. *Work*. 2012; 41(Suppl 1): 2950–2954. doi: 10.3233/WOR-2012-0546-2950

13. Burgueño-Bucio E, Mier-Aguilar CA, Soldevila G. The multiple faces of CD5. *Journal of leukocyte biology*. 2019; 105(5): 891–904. doi: 10.1002/JLB.MR0618-226R

14. Балашова С.Н., Самодова А.В., Добродеева Л.К. Зависимость активности гемодинамической реакции человека на общее кратковременное охлаждение от исходного содержания нейтрофильных гранулоцитов в периферической венозной крови. *Якутский медицинский журнал*. 2020; 3(71): 21-25. [Balashova S.N., Samodova A.V., Dobrodeeva L.K. The dependence of the activity of a human hemodynamic reaction to the general short-term cooling on the initial content of neutrophilic granulocytes in peripheral venous blood. *Yakut Medical Journal*. 2020; 3(71): 21-25. (In Russ.)]. doi: 10.25789/ymj.2020.71.05

15. Ставинская О.А., Добродеева Л.К., Балашова С.Н., Патракеева В.П. Соотношение уровня некроза

и апоптоза нейтрофилов периферической крови у практически здоровых северян. *Якутский медицинский журнал*. 2020; 4(72): 23-27. [Stavinskay OA, Dobrodeeva LK, Balashova SN, Patrakeeva VP. The ratio of the level of necrosis and apoptosis of neutrophils of peripheral blood in almost healthy northerners. *Yakut Medical Journal*. 2020; 4(72): 23-27. (In Russ.)]. doi: 10.25789/ymj.2020.72.0

16. Hynds P, Borchardt MA, Ibaraki M. Preface: Hydrogeology and human health. *Hydrogeology Journal*. 2017; 25: 897–902. doi: 10.1007/s10040-017-1585-1

17. Леванюк А.И. Состояние иммунной системы у моряков. *Экология человека*. 2010; 5: 20-23. [Levanyuk AI. The state of the immune system among sailors. *Human Ecology*. 2010; 5: 20-23. (In Russ.)].

18. Lundblad MW, Broderstad AR, Njølstad I. Social inequalities in health in the Arctic region: from observing to serving. *Scandinavian Journal of Public Health*. 2023; 51(7): 973-975. doi: 10.1177/14034948231200515

19. Simpson RJ, Kunz H, Agha N, Graff R. Exercise and the Regulation of Immune Functions. *Progress in molecular biology and translational science*. 2015; 135: 355–380. doi: 10.1016/bs.pmbts.2015.08.001

Сведения об авторах

Сергеева Татьяна Борисовна – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории физиологии иммунокомпетентных клеток ФГБУН Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики им. акад. Н.П. Лаверова Уральского Отделения РАН; e-mail: tanya-86@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0745-3099>

Шашкова Елизавета Юрьевна – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории физиологии иммунокомпетентных клеток ФГБУН Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики им. акад. Н.П. Лаверова Уральского Отделения РАН; e-mail: eli1255@ya.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1735-6690>

Щёголева Любовь Станиславовна – доктор биологических наук, профессор, главный научный сотрудник, заведующий лабораторией физиологии иммунокомпетентных клеток ФГБУН Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики им. акад. Н.П. Лаверова Уральского Отделения РАН; e-mail: shchegoleva60@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4900-4021>

Information about the authors

Tatyana B. Sergeeva – Cand. Sc. (Biol.), researcher at the Laboratory of Immunocompetent Cell Physiology, N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences; e-mail: tanya-86@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0745-3099>

Elizaveta Yu. Shashkova – Cand. Sc. (Biol.), researcher at the Laboratory of Immunocompetent Cell Physiology, N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences; e-mail: eli1255@ya.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1735-6690>

Liubov S. Shchegoleva – Dr. Sc. (Biol.), professor, chief researcher, head of the laboratory of Physiology of Immunocompetent cells; e-mail: shchegoleva60@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4900-4021>