

Научная статья
УДК 612.017.1(470.21)
doi:10.37614/2949-1185.2024.3.1.015

ОСОБЕННОСТИ СИСТЕМНЫХ И МЕСТНЫХ ИММУННЫХ РЕАКЦИЙ У КОЛЬСКИХ СААМОВ И РУССКИХ, ПРОЖИВАЮЩИХ НА КРАЙНЕМ СЕВЕРЕ

**Любовь Васильевна Губкина^{1✉}, Анна Васильевна Самодова²,
Лилия Константиновна Добродеева³**

^{1–3}Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика
Н. П. Лаверова Уральского отделения Российской академии наук, Архангельск, Россия

¹wasillisa@list.ru[✉], <https://orcid.org/0000-0002-3026-9540>

²annapoletaeva2008@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9835-8083>

³dobrodeeva@ifpa.uran.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3211-7716>

Аннотация

Изучены особенности системных и местных иммунных реакций у кольских саамов и русских, проживающих на Крайнем Севере. Установлено снижение общего числа клеток лейкоцитарного ряда у саамов, связанного с высокой частой регистрацией лейкопении, лимфопении, нейтропении. Выявлен дефицит фагоцитарной активности нейтрофилов в крови и секретах слизистых оболочек, увеличение содержания лимфоцитов с рецепторами CD4+ и CD8+. У русских жителей чаще регистрировали лейкоцитоз, лимфоцитоз, нейтрофилез, моноцитоз и эозинофилию с повышением содержания натуральных киллеров, IL-6 и IL-10. Для саамов и русских характерны высокие уровни содержания IgE, обладающих более выраженной цитотоксичностью и свидетельствующих о напряжении иммунных механизмов. У саамов более высокие уровни миграции лейкоцитов в мукозо-ассоциированную ткань слизистых оболочек, что связано со снижением сорбционной способности эпителиоцитов, фагоцитарной активности нейтрофилов и концентраций секреторных иммуноглобулинов.

Ключевые слова:

фагоцитоз, NK-клетки, цитокины, IgE, сорбционная способность эпителиоцитов, саамы, Крайний Север

Благодарности:

авторы выражают искреннюю благодарность Наталье Ивановне Белишевой, доктору биологических наук, главному научному сотруднику Научного центра медико-биологических проблем адаптации человека в Арктике Кольского научного центра Российской академии наук, за организацию экспедиции в поселок Ревда и село Ловозеро Мурманской области. Работа выполнена в рамках программы фундаментальных научных исследований Федерального исследовательского центра комплексного изучения Арктики имени академика Н. П. Лаверова Уральского отделения Российской академии наук «Механизмы взаимодействия системных и местных иммунных реакций у лиц, работающих в арктических условиях (Баренцбург, Шпицбергенская арка, поселки Ревда и Ловозеро Мурманской области)» (номер государственной регистрации: 122011800217-9).

Для цитирования:

Губкина Л. В., Самодова А. В., Добродеева Л. К. Особенности системных и местных иммунных реакций у кольских саамов и русских, проживающих на Крайнем Севере // Труды Кольского научного центра РАН. Серия: Естественные и гуманитарные науки. 2024. Т. 3, № 1. С. 131–136. doi:10.37614/2949-1185.2024.3.1.015.

Original article

FEATURES OF SYSTEMIC AND LOCAL IMMUNE REACTIONS IN THE KOLA SAMIS AND RUSSIANS LIVING IN THE FAR NORTH

Lyubov V. Gubkina^{1✉}, Anna V. Samodova², Liliya K. Dobrodeeva³

^{1–3}N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research of the Ural Branch of the Russian Academy
of Sciences, Arkhangelsk, Russia

¹wasillisa@list.ru[✉], <https://orcid.org/0000-0002-3026-9540>

²annapoletaeva2008@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9835-8083>

³dobrodeeva@ifpa.uran.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3211-7716>

Abstract

The features of systemic and local immune reactions in the Kola Sami and Russians living in the Far North were studied. A decrease in the total number of leukocyte cells in the Sami was established, associated with frequent registration of leukopenia, lymphopenia, and neutropenia. A deficiency in the phagocytic activity of neutrophils in the blood and secretions of the mucous membranes and an increase in the content of lymphocytes

with CD4+ and CD8+ receptors were revealed. In Russian residents, leukocytosis, lymphocytosis, neutrophilia, monocytosis and eosinophilia were more often recorded with an increase in the content of natural killer cells, IL-6 and IL-10. The Sami and Russians are characterized by high levels of IgE, which have more pronounced cytotoxicity and indicate strain on the immune mechanisms. The Sami have higher levels of leukocyte migration into mucosal-associated tissue of the mucous membranes, which is associated with a decrease in the sorption capacity of epithelial cells, the phagocytic activity of neutrophils and the concentrations of secretory immunoglobulins.

Keywords:

phagocytosis, NK-cells, cytokines, IgE, sorption capacity of epithelial cells, Sami, Far North

Acknowledgments:

the authors express their sincere gratitude to Natalya Belisheva, Doctor of Biological Sciences, Chief Researcher at the Research Center of Medico-Biological Problems of Human Adaptation in the Arctic, Kola Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, for organizing the expedition to Revda settlement and Lovozero village. Lovozero, Murmansk Region. The work was carried out within the framework of the program of fundamental scientific research of the FCIAR UrO RAS, "Mechanisms of interaction between systemic and local immune reactions in persons working in Arctic conditions (Barentsburg, Spitsbergen Arch, Revda and Lovozero settlements, Murmansk region)" (state registration number: 122011800217-9).

For citation:

Gubkina L. V., Samodova A. V., Dobrodeeva L. K. Features of systemic and local immune reactions in the Kola samis and Russians living in the Far North. *Transactions of the Kola Science Centre of RAS. Series: Natural Sciences and Humanities*, 2024, Vol. 3, No. 1, pp. 131–136. doi:10.37614/2949-1185.2024.3.1.015.

Введение

Саамы, являясь малочисленным народом Российской Федерации, преимущественно проживают на территории Мурманской области. Половина всех кольских саамов проживает в с. Ловозеро. В последние десятилетия [1–3] существенно снизилось употребление саамами натуральных северных продуктов и увеличился объем пищи, содержащей углеводы. Следствием такого характера питания является нарушение баланса макро- или микроэлементов, что ведет к развитию клинических признаков иммунной недостаточности [4; 5]. Частота встречаемости заболеваний ОРВИ среди кольских саамов гораздо выше, чем у других жителей Мурманской области [6–8], что способствует снижению общего состояния иммунитета и проблемам со здоровьем. В пос. Ревда Мурманской области проживает в основном русское население. Территории с. Ловозеро и пос. Ревда Мурманской области находятся за полярным кругом и относятся к экстремально-дискомфортной климатической зоне [9–11].

Целью работы было выявить особенности системных и местных иммунных реакций кольских саамов и русских, проживающих на Крайнем Севере (Мурманской области).

Материалы и методы

Проведено обследование 67 саамов (40 женщин и 27 мужчин), проживающих в с. Ловозеро, и 81 русского жителя (56 женщин и 25 мужчин) пос. Ревда Мурманской области в возрасте 21–55 лет. Все исследования проводились с согласия волонтеров и в соответствии с требованиями Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации об этических принципах проведения медицинских исследований (2000 г.). Сбор крови производился из локтевой вены натощак в утренние часы. Комплекс иммунологического исследования включал изучение гемограммы, фагоцитарной активности нейтрофилов, определение содержания лимфоцитов с фенотипами CD4, CD8, CD16 методами непрямой иммунопероксидазной реакции и проточной цитометрии с помощью аппарата Epics XL фирмы Beckman Coulter (США), концентрации IL-6, IL-10, IgA, M, G, E, sCD54 и sCD62L методом иммуноферментного анализа на автоматическом иммуноферментном анализаторе Evolis фирмы Bio-RAD (Германия), циркулирующих иммунных комплексов методом преципитации с использованием 3,5; 4,0; 7,5 % ПЭГ-6000. В утренней слюне определяли содержание sIgA. Сорбционную способность клеток эпителия изучали в мазках отделяемого слизистых оболочек зева по среднему числу адсорбированных микроорганизмов в расчете на 100 клеток, в последующем анализ материала проводили с учетом активности сорбированных микроорганизмов: <10, <50 и >100.

Статистическую обработку полученных данных проводили с применением пакета прикладных программ Statistica 21.0 (StatSoft Inc., США). Результаты представлены в качестве средней арифметической величины и ошибки средней ($M \pm m$). Был рассчитан независимый выборочный t-критерий и коэффициент корреляции Пирсона. Критический уровень значимости (p) равен 0,05.

Результаты и обсуждение

Установлено, что содержание лейкоцитов, лимфоцитов, нейтрофилов (палочкоядерных и сегментоядерных), моноцитов и эозинофилов в венозной крови у обследованных саамов с. Ловозеро находится в пределах физиологических значений, но значительно ниже, чем в группе русских жителей пос. Ревда (табл. 1).

Таблица 1

Показатели клеточного состава венозной крови у саамов
и русских жителей Мурманской области ($M \pm m$)

Параметр	Русские	Саамы
Лейкоциты, 10^9 кл/л	$8,17 \pm 0,47$	$5,71 \pm 0,22^{***}$
Лимфоциты, 10^9 кл/л	$2,8 \pm 0,47$	$2,15 \pm 0,10^{**}$
Нейтрофилы, 10^9 кл/л	$4,62 \pm 0,33$	$3,07 \pm 0,14^{***}$
Палочкоядерные нейтрофилы, 10^9 кл/л	$0,41 \pm 0,05$	$0,25 \pm 0,02^{**}$
Сегментоядерные нейтрофилы, 10^9 кл/л	$3,95 \pm 0,27$	$2,82 \pm 0,13^{***}$
Моноциты, 10^9 кл/л	$0,74 \pm 0,07$	$0,35 \pm 0,03^{**}$
Эозинофилы, 10^9 кл/л	$0,24 \pm 0,02$	$0,14 \pm 0,01^{***}$
Базофилы, 10^9 кл/л	$0,18 \pm 0,06$	—

Примечание. $** p < 0,01$, $*** p < 0,001$ — значимость различий при сравнении результатов.

У саамов чаще регистрировали лейкопению ($13,43 \pm 0,54$ % у саамов и $7,41 \pm 0,33$ % у жителей пос. Ревда), лимфопению ($23,88 \pm 0,73$ и $17,28 \pm 0,51$ %), нейтропению ($19,40 \pm 0,65$ и $3,70 \pm 0,24$ %). У русских жителей пос. Ревда в 4,14 раз чаще регистрировали лейкоцитоз ($30,86 \pm 0,68$ против $7,46 \pm 0,41$ %), в 4,41 раза — лимфоцитоз ($19,75 \pm 0,55$ против $4,48 \pm 0,31$ %), в 7,72 раза — нейтрофилез ($34,57 \pm 0,72$ против $4,48 \pm 0,31$ %), в 4,14 раз — моноцитоз ($49,38 \pm 0,86$ против $11,94 \pm 0,51$ %), в 3,64 раз — эозинофилию ($27,16 \pm 0,64$ против $7,46 \pm 0,41$ %). Снижение числа клеток лейкоцитарного ряда в кровяном русле может свидетельствовать о миграции их в пристеночный пул и переходе в ткани к месту воспаления. Дефицит активных фагоцитов крови также чаще встречался у коренного населения ($55,22 \pm 1,10$ против $39,51 \pm 0,77$ %; $p < 0,01$).

У саамов значительно выше концентрации свободных межклеточных молекул адгезии sCD54 ($435,03 \pm 44,42$ и $202,23 \pm 18,92$ нг/мл, $p < 0,001$) и sL-селектина ($21,41 \pm 1,21$ и $8,57 \pm 0,79$ нг/мл; $p < 0,001$ соответственно), что подтверждается частотой регистрации повышенных значений sCD54 (> 215 нг/мл) и sCD62L (> 9 нг/мл) у ($88,06 \pm 1,39$) и ($97,01 \pm 1,46$) % обследованных коренных жителей против ($30,86 \pm 0,68$) и ($37,04 \pm 0,75$) % русских. Молекулы межклеточной адгезии sCD54 и sCD62L способствуют процессу миграции лейкоцитов из кровотока в ткани к очагу воспаления, развитию иммунных реакций, обеспечивают ролинг лейкоцитов крови по эндотелию, в процессе которого активируются $\beta 2$ -интегрины, обуславливающие устойчивую адгезию лейкоцитов к эндотелию [12].

Содержание Т-хелперов CD4+ ($0,71 \pm 0,07$ и $0,56 \pm 0,05 \times 10^9$ кл/л соответственно, $p < 0,05$) и цитотоксических Т-лимфоцитов CD8+ ($0,70 \pm 0,06$ и $0,57 \pm 0,04 \times 10^9$ кл/л соответственно, $p < 0,05$) выше в группе саамов. Напротив, содержание натуральных киллеров CD16+ выше у русских жителей пос. Ревда ($0,70 \pm 0,09$ и $0,45 \pm 0,04 \times 10^9$ кл/л; $p < 0,01$), что свидетельствует об активизации антителозависимой клеточной цитотоксичности, что может быть следствием частых респираторных инфекций среди аборигенного населения Мурманской области [6].

У обследованных групп установлены существенные различия в содержании IgA и IgM в периферической венозной крови. Так, средние концентрации IgA и IgM у саамов значительно ниже ($1,61 \pm 0,07$ против $6,76 \pm 0,32$ г/л, $p < 0,001$) и ($1,24 \pm 0,06$ и $2,74 \pm 0,11$ г/л, $p < 0,001$) соответственно, что подтверждается частотой регистрации пониженных уровней у $77,61 \pm 1,31$ и $65,67 \pm 1,20$ % обследованных. Напротив, у жителей пос. Ревда довольно часто регистрировали высокие концентрации IgA и M в $76,54 \pm 1,07$ и $83,95 \pm 1,13$ % случаев соответственно. Концентрация IgG у саамов и русских находится за пределами нижней границы нормы ($5,54 \pm 0,39$ и $6,19 \pm 0,35$ г/л); дефицит их содержания (< 7 г/л) установлен в обеих группах в $74,62 \pm 1,28$ и $55,60 \pm 0,92$ % соответственно.

У обследованных русских жителей Крайнего Севера установлены повышенные уровни содержания IgA и IgM, пониженные концентрации IgG, что может свидетельствовать о недостаточности переключения синтеза IgM на IgG. У кольских саамов низкие уровни содержания IgA, sIgA, IgM, IgG подтверждают недостаточный уровень иммуноглобулинового транспорта.

Повышенные концентрации IgE установлены у 25,37 % коренных жителей и 37,16 % русских; среднее содержание IgE практически не отличается в двух сравниваемых группах ($110,06 \pm 29,20$ и $113,54 \pm 17,68$ МЕ/мл соответственно). Реагины выполняют защитную роль, а процесс IgE-реагирования осуществляется гораздо быстрее, в отличие от других классов Ig, они имеют более интенсивный, преимущественно цитотоксический механизм защиты [12].

В периферической венозной крови саамов регистрировали более высокое содержание мелких ЦИК (IgG), что подтверждается регистрацией повышенных концентраций циркулирующих иммунных комплексов с IgG ($>3,6$ г/л) в 98,51 % случаев. Концентрации крупных ЦИК IgA и средних ЦИК IgM в обследованной группе ниже, чем в группе сравнения. Функциональная значимость ЦИК заключается в стимулировании развития иммунного ответа организма. Повышенные концентрации мелких ЦИК в венозной крови могут быть связаны с увеличенным периодом полураспада иммуноглобулина G и сохранением его в кровотоке, что приводит к накоплению IgG в различных органах и тканях и развитию воспалительного процесса в местах их отложения [13].

У русских жителей Крайнего Севера выявлено преобладание антителозависимой клеточной цитотоксичности, что связано с повышенным уровнем натуральных киллеров в венозной крови. Такая реакция организма установлена на фоне более высоких концентраций IL-6 и IL-10. В группе русских жителей выше содержание провоспалительного цитокина IL-6 ($4,00 \pm 0,44$ у русских и $2,87 \pm 0,57$ пг/мл у саамов; $p < 0,05$) и противовоспалительного IL-10 ($16,48 \pm 5,51$ и $12,58 \pm 7,54$ пг/мл, $p < 0,05$ соответственно).

При анализе цитограммы отделяемого слизистых оболочек зева у саамов отмечается более высокое относительное содержание нейтрофилов, моноцитов, лимфоцитов и лимфоретикулярных клеток, что свидетельствует о более активной миграционной способности лейкоцитов в ткани (табл. 2).

Таблица 2

Цитограмма и показатели функциональной активности клеток
в отделяемом слизистой оболочки зева у саамов и русских, $M \pm m$

Параметр	Саамы	Русские
Сорбционная способность эпителиоцитов, количество на клетку	$35,0 \pm 6,87$	$45,88 \pm 8,47^{**}$
Частота регистрации дефицита сорбционной способности эпителия (<100 бактерий на клетку)	$86,67 \pm 1,87$	$86,0 \pm 1,85$
Активные нейтрофильные фагоциты, %	$54,77 \pm 1,34$	$50,12 \pm 1,62^*$
Частота регистрации дефицита активных нейтрофильных фагоцитов (<50 %)	$18,37 \pm 0,87$	$12,0 \pm 0,69$
sIgA, г/л	$0,68 \pm 0,04$	$0,63 \pm 0,03$
Нейтрофилы, %	$10,18 \pm 2,29$	$3,71 \pm 0,58^{***}$
Лимфоциты, %	$13,64 \pm 1,03$	$3,35 \pm 0,51^{***}$
Лимфоретикулярные клетки, %	$17,18 \pm 1,19$	$3,94 \pm 0,91^{***}$
Макрофаги, %	$3,73 \pm 0,45$	$1,24 \pm 0,14^{**}$

Примечание. * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$ — статистическая значимость различий значений при сравнении с показателями слизистых оболочек у русских.

У саамов чаще регистрируется дефицит активных нейтрофильных фагоцитов в отделяемых слизистых оболочках. И у саамов, и у русских зафиксированы дефицит содержания sIgA и одинаковая высокая степень выраженности дефицита сорбционной способности эпителия. У саамов выше уровни миграции лейкоцитов в мукозо-ассоциированную ткань слизистых оболочек, что взаимосвязано со снижением сорбционной способности эпителиоцитов, фагоцитарной активности нейтрофилов и секреторных иммуноглобулинов.

Заключение

Таким образом, для кольских саамов характерны дефицит активных фагоцитов и концентрации сывороточного IgA и sIgA на фоне увеличения содержания цитотоксических лимфоцитов, молекул межклеточной адгезии. Миграции лейкоцитов в мукозо-ассоциированную ткань слизистых оболочек выше у саамов, что связано со снижением сорбционной способности эпителиоцитов, фагоцитарной активности фагоцитов и концентраций секреторных иммуноглобулинов. У русских жителей Крайнего Севера отмечается усиление антителозависимой цитотоксичности с участием IL-6 и IL-10.

Список источников

1. Козлов А. И. Пища людей. Фрязино: Век-2, 2005. 269 с.
2. Kozlov A., Vershubsky G., Kozlova M. Indigenous peoples of Northern Russia: Anthropology and health // Intern. Journal of Circumpol. Health. 2007. Vol 1. P. 184. <http://doi.org/10.1080/22423982.2007.11864604>.
3. Робинсон М. П., Кассам К.-А. С. Саамская картошка: Жизнь среди оленей во время перестройки. М., 2000. 129 с.
4. Манчук В. Т. Состояние и тенденции формирования здоровья коренного населения Севера и Сибири // Бюллетень Сибирского отделения Российской академии медицинских наук, 2010. № 30 (3), С. 24–32.
5. Палюшкевич А. С. Метаболические нарушения у представителей коренных малочисленных народов Севера в условиях урбанизации и их профилактика: автореф. ... канд. мед. наук. Тюмень, 2019, 22 с.
6. Захарова Т. Г., Петрова М. М., Кашина М. А. Здоровье женщин малочисленных коренных народов Крайнего Севера в зависимости от уклада жизни // Профилактическая медицина. 2012. № 15 (3). С. 40–42.
7. Самодова А. В., Добродеева Л. К., Балашова С. Н., Пашинская К. О. Особенности иммунологической реактивности у женщин-саамов // Экология человека. 2022. № 29 (9). С. 673–683. <https://doi.org/10.17816/humeco105563>.
8. Самодова А. В., Цыпышева О. Б. Соотношение внеклеточного пула рецепторов и уровня иммунных реакций у людей, проживающих в условиях Заполярья // Экология человека. 2015. № 12. С. 21–28. <https://doi.org/10.17816/humeco16961>.
9. Balashova S. N., Samodova A. V., Dobrodeeva L. K., Belisheva N. K. (2020). Hematological reactions in the inhabitants of the Arctic on a polar night and a polar day. Immunity, Inflammation and Disease, Vol. 8 (3), pp. 415–422. doi:10.1002/iid3.323. <http://doi.org/10.1002/iid3.323>.
10. 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 Research International. 2021. Номер статьи 7086108. 11. <http://doi.org/10.1155/2021/7086108>.
11. Rahman I., Collado Sánchez A., Davies J., Rzeniewicz K., Abukssem S., Joachim J., Hoskins Green H. L., Killock D., Sanz M. J., Charras G., Parsons M., Ivetic A. L-selectin regulates human neutrophil transendothelial migration // J. Cell Sci. 2021. Vol. 134 (3): jcs250340. <https://doi.org/10.1242/jcs.250340>.
12. Умрюхин А. Е. Антитела в механизмах вегетативных и поведенческих функций организма // Фунд. исслед. 2013. № 3 (2). С. 425–430.
13. Каштальян О. А., Ушакова Л. Ю. Цитокины как универсальная система регуляции // Медицинские новости. 2017. № 9. С. 3–7.

References

1. Kozlov A. I. *The Food of Men*. Fryazino, Vek-2, 2005, 269 p. (In Russ.).
2. Kozlov A., Vershubsky G., Kozlova M. Indigenous peoples of Northern Russia. *Anthropology and health. Intern. Assoc. Circumpol. Health Publ., Circumpolar Health Supplement*, 2007, No 1, pp. 184. <http://doi.org/10.1080/22423982.2007.11864604>.
3. Robinson M. P., Kassam K.-A. S. *The Saami Potato: Life Among Reindeer During Perestroika*. Moscow, 2000, 129 p. (In Russ.).

4. Munchuk V. T., Nadtochiy L. A. State and trends of health formation of the indigenous population of the North and Siberia. *Bulletin of the Siberian Branch of the Russian Academy of Medical Sciences*, 2010, Vol. 30, No 3, pp. 24–32. (In Russ.).
5. Paliushkevich A. S. Metabolic disorders in representatives of small indigenous peoples of the North in conditions of urbanization and their prevention. PhD (Medicine) thesis abstract. Tyumen, 2019, 22 p. (In Russ.).
6. Zakharova T. G., Petrova M. M., Kashina M. A. Health of women of small indigenous peoples of the Far North depending on the way of life. *Preventive Medicine*, 2012, Vol. 15, No 3, pp. 40–42. (In Russ.).
7. Samodova A. V., Dobrodeeva L. K., Balashova S. N., Pashinskaya K. O. Peculiarities of immunological reactivity in Saami women. *Human Ecology*, 2022, Vol. 29, No 9, pp. 673–683. (In Russ.). <https://doi.org/10.17816/humeco105563>.
8. Samodova A. V., Tsypysheva O. B. The ratio of extracellular receptor pool and the level of immune responses in people living in the Polar region. *Human Ecology*, 2015, No 12, pp. 21–28. (In Russ.). <https://doi.org/10.17816/humeco16961>.
9. 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. *Immunity, Inflammation and Disease*, 2020, Vol. 8, No 3, pp. 415–422. <http://doi.org/10.1002/iid3.323>.
10. 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 Research International*, 2021. Vol. 2021. ID article 7086108. <http://doi.org/10.1155/2021/7086108>.
11. Rahman I., Collado Sánchez A., Davies J., Rzeniewicz K., Abukssem S., Joachim J., Hoskins Green H. L., Killock D., Sanz M. J., Charras G., Parsons M., Ivetic A. L-selectin regulates human neutrophil transendothelial migration. *J. Cell Sci.*, 2021, Vol. 134, No 3: jcs250340. <https://doi.org/10.1242/jcs.250340>.
12. Umryukhin A. E. Antibodies in the mechanisms of autonomic and behavioral functions of the organism. *Fundamental of Investigations*, 2013, Vol. 3, No. 2, pp. 425–430. (In Russ.).
13. Kashtalyan O. A., Ushakova L. Y. Cytokines as a universal regulatory system. *Medical News*, 2017, No. 9, pp. 3–7. (In Russ.).

Информация об авторах

Л. В. Губкина — кандидат биологических наук, научный сотрудник;

А. В. Самодова — кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, заведующая лабораторией;

Л. К. Добродеева — доктор медицинских наук, профессор, главный научный сотрудник, директор института.

Information about the authors

L. V. Gubkina — PhD (Biology), Researcher;

A. V. Samodova — PhD (Biology), Leading Researcher, Head of the laboratory;

L. K. Dobrodeeva — Dr. Sci. (Medicine), Professor, Chief Researcher, Director.

Статья поступила в редакцию 27.11.2023; одобрена после рецензирования 05.12.2023; принята к публикации 05.12.2023.

The article was submitted 27.11.2023; approved after reviewing 05.12.2023; accepted for publication 05.12.2023.