



DOI: 10.22363/2313-2310-2023-31-1-55-69

EDN: KKZVFB

УДК 577.118(571)

Научная статья / Research article

Особенности взаимосвязи элементного состава и иммунных реакций у представителей этнодемографических групп Северо-Востока России

А.Л. Горбачев¹, А.А. Киричук², Н.В. Похилюк³

¹Северо-Восточный государственный университет, Магадан, Российская Федерация

²Российский университет дружбы народов, Москва, Российская Федерация

³ГБУЗ «Магаданская областная больница», Магадан, Российская Федерация

kirichuk-aa@rudn.ru

Аннотация. У представителей этнодемографических групп Северо-Востока России – аборигенов (чукчи, коряки, эвены), метисов, пришлых жителей проведен анализ содержания некоторых химических элементов, поддерживающих иммунные реакции (селен, цинк, железо, йод). Потенциальной группой риска по развитию гипоселенозов является корякский этнос. Минимальные значения цинка выявлены у чукчей. У представителей всех этнодемографических групп содержание железа находилось в пределах референтных значений, но его максимальные значения отмечены у пришлых жителей, Максимальные показатели йода также характерны для пришлых жителей. Сопоставимое содержание йода отмечено в группе эвенов. Особенности элементного статуса (селен, цинк, железо, йод) у жителей Севера свидетельствуют, что среди этнодемографических групп именно аборигенные этносы наиболее предрасположены к развитию иммунодефицитных состояний.

Ключевые слова: Северо-Восток России, этнодемографические группы, селен, цинк, железо, йод, иммунитет

Вклад авторов: Н.В. Похилюк – статистическая обработка материала; А.Л. Горбачев, А.А. Киричук – анализ данных и их интерпретация.

История статьи: поступила в редакцию 16.08.2022; доработана после рецензирования 12.12.2022; принята к публикации 18.01.2023.

© Горбачев А.Л., Киричук А.А., Похилюк Н.В., 2023



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode>

Для цитирования: Горбачев А.Л., Киричук А.А., Похилиук Н.В. Особенности взаимосвязи элементного состава иммунных реакций у представителей этнодемографических групп Северо-Востока России // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2023. Т. 31. № 1. С. 55–69. <http://doi.org/10.22363/2313-2310-2023-31-1-55-69>

Features of the relationship between elemental composition and immune reactions in representatives of ethno-demographic groups of the North-East of Russia

Anatoly L. Gorbachev¹, Anatoly A. Kirichuk², Natalya V. Pokhilyuk³

¹ Northeastern State University, Magadan, Russian Federation

² Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University) Moscow, Russian Federation

³ State Budgetary Healthcare Institution «Magadan Regional Hospital»,
Magadan, Russian Federation

kirichuk-aa@rudn.ru

Abstract. The content of some chemical elements that support immune responses (selenium, zinc, iron, iodine) was analyzed among representatives of the ethno-demographic groups of the North-East of Russia – natives (Chukchi, Koryaks, Evens), mestizos, and newcomers. A potential risk group for the development of hyposelenoses is the Koryak ethnic group. The minimum values of zinc were found among the Chukchi. In representatives of all ethno-demographic groups, the iron content was within the reference values, but its maximum values were noted in the newcomers. The maximum iodine levels are also characteristic of the newcomers. Comparable iodine content was noted in the Evens group. Features of the elemental status (selenium, zinc, iron, iodine) in the inhabitants of the north indicate that among the ethno-demographic groups, it is the aboriginal ethnic groups that are most predisposed to the development of immunodeficiency states.

Keywords: Northeast Russia, ethno-demographic groups, selenium, zinc, iron, iodine, immunity

Authors' contributions: Natalya V. Pokhilyuk – statistical processing of the material; Anatoly L. Gorbachev, Anatoly A. Kirichuk – data analysis and interpretation.

Article history: received 16.08.2022; revised 12.12.2022; accepted 18.01.2023.

For citation: Gorbachev AL, Kirichuk AA, Pokhilyuk NV. Features of the relationship between elemental composition and immune reactions in representatives of ethno-demographic groups of the North-East of Russia. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2023;31(1):55–69. (In Russ.) <http://doi.org/10.22363/2313-2310-2023-31-1-55-69>

Введение

В Российской Федерации проживают 40 коренных малочисленных народов Севера, Сибири и Дальнего Востока (сокращенно — коренные малочисленные народы Севера – КМНС). К ним также применим термин «коренные народы Севера, аборигены Севера».

Принято считать, что морфофункциональные характеристики аборигенов Севера являются адекватными природным условиям, а популяция

коренных северян генетически адаптирована к природно-климатическому окружению. Однако с началом активного освоения территорий Севера, проникновением в северные регионы западной цивилизации популяция северных народов стала подвергаться воздействию техногенных и социальных факторов.

Вследствие загрязнения среды обитания, разрушения традиционного уклада жизни и, в первую очередь, структуры и качества питания произошло нарушение здоровья северных этносов. Снижение в рационе традиционных продуктов питания (мясо оленя, морзверя, местной рыбы) и переход на западную диету (переключение метаболизма на белково-углеводный тип питания), влияние стойких токсических веществ [26] привели к истощению адаптационных резервов организма коренных северян.

Указанные изменения нарушили метаболизм и баланс биохимических параметров, что предопределило недостаток в организме минерально-витаминных комплексов и явилось причиной авитаминозов и элементозов (дефицит жизненно важных химических элементов или избыток токсических элементов) [1].

В этой связи демографические аспекты аборигенного населения являются одной из тревожных проблем современного Севера России. Ввиду генетически предопределенных проблем с физиологическим статусом и выраженной ассимиляцией [37] сложилась демографически угрожающая ситуация: речь идет о депопуляции коренных народов Севера [6; 9; 16; 25–27; 36]. Однако следует отметить, что вопрос о вырождении северных этносов является дискуссионным [17; 28].

Учитывая негативные процессы, связанные с ухудшением здоровья аборигенных этносов и развитие депопуляционных процессов, а также принимая во внимание определяющую роль микроэлементов в осуществлении функций организма, представляется научно значимым исследование комплекса элементов, отвечающих за иммунную защиту жителей севера.

Материалы и методы

Объектом исследования явились группы аборигенов Северо-Востока России (Магаданская область, Чукотка) – эвены ($n = 53$), коряки ($n = 32$), чукчи ($n = 70$). Эти северные народы, с одной стороны, роднит общая биогеохимическая территория проживания, а с другой – они отличаются этногенезом, что предполагает их морфофункциональную дифференцировку и различный адаптивный потенциал. Кроме аборигенов исследованы метисы ($n = 135$) – межэтническая ассимиляция аборигенного населения и смешанные браки с приезжими жителями, а также пришлые жители ($n = 155$) – поколение лиц, родившихся от мигрантов из других природно-климатических регионов.

В волосах представителей указанных групп методами атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной аргоновой плазмой (АЭС) и

масс-спектрометрии (МС) (МУК 4.1.1482-03, МУК 4.1.1483-03) определено содержание Al, As, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Na, Ni, P, Pb, Se, Si, Sn, V, Zn, I, Hg, B, Be. Спектральный анализ волос проведен в лаборатории АНО «Центр биотической медицины» г. Москва.

В связи с исследованием взаимосвязей микроэлементов и иммунного статуса проанализированы селен, цинк, железо и йод. Полученные данные представлены в табл. 1.

В ходе статистического анализа использовался критерий Шапиро – Уилка для оценки соответствия нормальному распределению количественных показателей содержания элементов. Согласно проверке на нормальность, данные в исследовании имеют распределение, отличное от нормального. В дальнейшем для расчетов применялись методы непараметрической статистики. Определены значения медиан (Me), межквартильных интервалов (25-й и 75-й процентиля). Использовался U-критерий Манна – Уитни для сравнения несвязанных выборок. При $p \leq 0,05$ считали статистически значимыми различия. Оценена коррелирующая зависимость между содержанием селена, цинка, железа и йода в исследуемых группах (коэффициент ранговой корреляции Спирмена).

Статистическая обработка данных выполнена с помощью программного пакета Microsoft Excel (Microsoft Office 2016, Microsoft Corporation, USA) и Statistica 10.0 for Windows (Statsoft, Tulsa, USA).

Результаты и их обсуждение

Макро- и микроэлементами являются не только кофакторами ферментов, участвующих в обмене веществ, но и напрямую повышают иммунный статус организма, участвуя в процессах становления иммунитета, ускоряют процессы сопротивляемости организма [20; 31; 35]. Показано, что психоэмоциональное напряжение может истощать элементный резерв организма и приводить к формированию дефицита определенных эссенциальных элементов, в частности – Fe, Mg, Zn, Se [18].

В медицинской элементологии известна группа элементов (Fe, Ca, Mg, I, Se, Zn, Cu), дефицит которых приводит к развитию множественных патологий, включая и иммунодефицитные состояния. К их числу относят и селен.

Селен (Se). Селен относят к группе из семи элементов (Fe, Ca, Mg, I, Se, Zn, Cu), недостаток которых чаще распространен среди жителей планеты [34]. Умеренный селенодефицит является достаточно распространенным явлением для России на всем протяжении страны от востока до запада [8; 19].

Селен входит в активные центры ферментов системы антиоксидантной защиты организма (фермент глутатионпероксидаза), метаболизма гормонов, липидов, нуклеиновых кислот. Это важнейший эссенциальный микроэлемент, оказывающий влияние на защиту организма от действия повреждающих факторов и повышающий сопротивляемость к неблагоприятным

воздействиям. Важная роль принадлежит селену в поддержании иммунной системы: дефицит сопряжен с самыми разнообразными иммунодефицитными состояниями – аллергическими и аутоиммунными заболеваниями. Дефицит селена связывают с повышенными рисками возникновения и развития у населения кардиологических и ряда онкологических заболеваний [7; 40].

Ранее нами было показано, что у приезжих жителей Севера по мере проживания на Севере отмечается снижение уровня некоторых эссенциальных элементов – железа, кальция и селена, что можно рассматривать как функциональное истощение их резервов и формирование акклиматизационного. Но аналогичная ситуация характерна и для современной популяции аборигенных жителей севера России (эвены, коряки, чукчи), у которых отмечено пониженное содержание большой группы эссенциальных элементов (кобальт, магний, хром, йод), включая и селен [13].

По данным настоящего исследования, во всех этнодемографических группах отмечена тенденция к снижению селена: медиана и значение 75-го перцентиля находились существенно ниже референтных величин (табл. 1). Минимальные показатели селена отмечены в группе коряков, где медиана селена (0,34 мг/г) была достоверно ниже относительно эвенов, чукчей, метисов и европеоидов.

Таблица 1. Содержание селена, цинка, железа, йода в волосах представителей этнодемографических групп Северо-Востока России, мкг/г

Этнические группы	Содержание элемента		Референтные значения	Достоверные различия между группами, $p < 0,05$
	Me	$P_{25}-P_{75}$		
Se				
Эвены (1)	0,36	0,27–0,45	0,69–2,20*	1–2, 2–3, 2–4, 2–5
Коряки (2)	0,34	0,34–0,53		
Чукчи (3)	0,36	0,30–0,44		
Метисы (4)	0,36	0,27–0,43		
Пришлые жители (5)	0,37	0,27–0,49		
Zn				
Эвены (1)	180,93	154,20–206,35	155–206*	3–4, 3–5
Коряки (2)	181,15	157–214,64		
Чукчи (3)	173,78	156,50–194,16		
Метисы (4)	184,30	164,05–215,00		
Пришлые жители (5)	183,65	159,99–227,77		
Fe				
Эвены (1)	15,41	9,72–22,18	11–24*	3–5, 4–5
Коряки (2)	14,12	10,59–28,68		
Чукчи (3)	15,04	9,64–22,63		
Метисы (4)	15,54	11,08–22,48		
Пришлые жители (5)	17,18	12,30–26,61		
I				
Эвены (1)	0,49	0,30–1,27	0,42–2,7**	2–5, 3–5, 4–5
Коряки (2)	0,32	0,29–0,94		
Чукчи (3)	0,40	0,30–0,86		
Метисы (4)	0,39	0,30–0,73		
Пришлые жители (5)	0,59	0,32–1,09		

Примечания: P_{25} – 25-й перцентиль; P_{75} – 75-й перцентиль; * – Скальный, 2003 [41]; ** – Горбачев, Скальный, 2015 [15].

Table 1. Concentrations of selenium, zinc, iron, iodine in the hair of representatives of ethno-demographic groups of the Northeast of Russia, $\mu\text{g/g}$

Ethnic groups	The content of the element		Reference values	Significant differences between Me P groups, p
	Me	P ₂₅ -P ₇₅		
Se				
Evens (1)	0.36	0.27–0.45	0.69–2.20*	1–2, 2–3, 2–4, 2–5
Koryaks (2)	0.34	0.34–0.53		
Chukchi (3)	0.36	0.30–0.44		
Metis (4)	0.36	0.27–0.43		
Alien residents (5)	0.37	0.27–0.49		
Zn				
Evens (1)	180.93	154.20–206.35	155–206*	3–4, 3–5
Koryaks (2)	181.15	157–214.64		
Chukchi (3)	173.78	156.50–194.16		
Metis (4)	184.30	164.05–215.00		
Alien residents (5)	183.65	159.99–227.77		
Fe				
Evens (1)	15.41	9.72–22.18	11–24*	3–5, 4–5
Koryaks (2)	14.12	10.59–28.68		
Chukchi (3)	15.04	9.64–22.63		
Metis (4)	15.54	11.08–22.48		
Alien residents (5)	17.18	12.30–26.61		
I				
Evens (1)	0.49	0.30–1.27	0.42–2.7**	2–5, 3–5, 4–5
Koryaks (2)	0.32	0.29–0.94		
Chukchi (3)	0.40	0.30–0.86		
Metis (4)	0.39	0.30–0.73		
Alien residents (5)	0.59	0.32–1.09		

Notes: P₂₅ – 25th percentile; P₇₅ – 75th percentile; * – Skalny, 2003 [41]; ** – Gorbachev, Skalny, 2015 [15].

Полученные результаты согласуются с ранее полученными, указывающими на популяционный дефицит селена у жителей Магаданской области [13]. Причем недостаток селена касался, прежде всего, континентальных районов. У жителей приморских районов (г. Магадан) его уровень находится в пределах нормы, что связывают с большей доступностью для населения морепродуктов, богатых минералами, в том числе и селена [12].

Учитывая полифункциональную роль селена, тенденция к его популяционному дефициту может быть биогеохимической основой развития у жителей группы гипоселенозов: прежде всего, иммунодефицитных состояний и сопряженных с ними канцерогенезом, кардиомиопатией и патологией щитовидной железы (зобная эндемия). Из всех исследованных демографических групп потенциальной группой риска развития гипоселенозов является корякский этнос.

Цинк (Zn). Цинк — жизненно необходимый для всех живых организмов микроэлемент, участвующий во многих биохимических процессах в клетках. Это второй по распространенности после железа микроэлемент в организме и самый распространенный внутриклеточный элемент. Молекулярные механизмы действия цинка связаны с его участием в построении и функционировании свыше 300 металлоэнзимов и более 2000 факторов транскрипции. Цинк-содержащие ферменты катализируют гидролиз белков, пептидов, некоторых эфиров и альдегидов, участвуют в углеводном обмене (гормон

инсулин). Цинк проявляет антиоксидантное и противовирусное действие [32]. Также велика его роль в регуляции антиоксидантного стресса и противовоспалительного действия.

Дефицит цинка обуславливает нарушение гормональной регуляции роста и полового созревания (гипогонадизм), повышает чувствительность к инфекции, повышает риск развития аутоиммунных и онкологических заболеваний [29].

Физиологический статус цинка является критическим фактором, который может влиять на противовирусный иммунитет: люди с дефицитом цинка подвержены наибольшему риску заражения вирусными инфекциями, в том числе ВИЧ или вирусом гепатита [5].

У северных этносов различных регионов (Таймыр, Чукотка, Гренландия), независимо от географии проживания и экологических условий, отмечен дисбаланс в крови идентичной группы элементов – свинца, меди и цинка, что может свидетельствовать об общих механизмах минерального обмена у жителей Севера [15; 39].

По нашим данным, медиана цинка в волосах исследуемых групп (коряки, чукчи, эвены, метисы, европеоиды) находилась в пределах референтных величин (155–206 мкг/г), что свидетельствует об адекватной обеспеченности цинком жителей региона.

У представителей аборигенных групп отмечены сопоставимые результаты: абсолютные величины цинка у эвенов, коряков и чукчей оказались ниже относительно метисов и пришлых жителей. Минимальные значения цинка выявлены у чукчей: его содержание (173,78 мг/г) было достоверно ниже относительно метисов (184,30 мг/г) и пришлых жителей (183,65 мг/г). Таким образом, содержание цинка в волосах аборигенов ниже по сравнению с метисами и пришлыми жителями. Наиболее выраженные, достоверные отличия характерны для чукчей, что предполагает повышенную чувствительность к инфекциям и может повышать риск развития аутоиммунных заболеваний у чукотского этноса.

Железо (Fe). Известно, что для человека в условиях Севера характерен повышенный энергообмен и большой расход макро- и микронутриентов. При длительном проживании в условиях Севера это приводит к формированию акклиматизационного дефицита жизненно важных макро- и микроэлементов, и прежде всего железа, кальция, магния, селена.

Ведущее место в акклиматизационном дефиците занимает железо. Показано, что высокая встречаемость железодефицитных состояний у жителей Севера обусловлена повышенной потребностью организма в железе вследствие усиления анаболических и катаболических процессов под воздействием экстремальных факторов внешней среды, особенно холода. В регионах Севера при хроническом воздействии низких температур у жителей снижается относительный объем красной крови и уровень гемоглобина. Это

состояние называют «холодовая болезнь» или «полярная анемия» и связывают его с акклиматизационным дефицитом железа [2]. На этом фоне парадоксальным является стабильное содержание железа у коренных жителей Севера. Показано, что специфической чертой элементного статуса аборигенных жителей географически удаленных северных территорий (Азиатский, Сибирский и Европейский Север России, Север Европы) является статус железа [15; 39]. У аборигенов Севера содержание железа оказалось выше относительно приезжих жителей. Подобный феномен связывают с традиционным питанием аборигенов – пищей, богатой животным белком (мясо оленя, морзверя) [3; 11; 23]. При этом не исключено, что поддержание уровня железа в организме аборигенов отражает физиологическую адаптацию в условиях действия низких температур.

Железо выступает в качестве мощного иммуномодулирующего фактора, повышающего устойчивость к разного рода инфекциям. Показана тесная связь железа с адаптивным иммунитетом: железо определяет качество иммунной памяти человека, то есть способность иммунных клеток помнить, распознавать и уничтожать инфекционные агенты, а также осуществлять защиту от повторных заражений [38]. Железо также вовлечено в процессы пролиферации и иммунной защиты, выступает в роли антиоксидантов, удаляя биохимически агрессивные свободные радикалы [33]. В то же время дефицит железа понижает напряженность природного иммунитета при бактериальной и вирусной инфекции.

Согласно нашим данным, у представителей всех этнодемографических групп содержание железа находилось в пределах референтных значений (см. табл. 1). Это подтверждает установленный ранее факт, что, благодаря традиционному питанию, в организме коренных жителей севера поддерживается адекватный уровень железа, необходимый для адаптации к условиям Севера [15]. Однако максимальное значение железа отмечено у пришлых жителей, где его медиана достоверно превышала показатели железа у аборигенов и метисов. Поэтому, с точки зрения обеспечения должного уровня гемоглобина, кислородной емкости крови и иммунных реакций, организм пришлых жителей отличается большим функциональным резервом. Однако следует помнить, что волосы, как производные кожи, обладают экскреторными свойствами и могут выводить из организма многие химические элементы, как токсичные, так и эссенциальные. Поэтому вопрос о корреляционных связях между содержанием железа в крови и волосах остается открытым, а данные о распространенности у жителей Севера железodefицитных состояний, основанные на анализе крови, являются приоритетными.

Йод (I). Йод является незаменимым структурным элементом гормонов щитовидной железы – тироксина (Т4) и трийодтиронина (Т3), которые способны существенно изменять функциональную активность отдельных популяций иммунокомпетентных клеток и иммунной системы в целом. Доказано, что недостаток йода в организме тормозит выработку иммуноглобулинов

класса А и G. Это может способствовать развитию инфекций различной локализации, а также аутоиммунных заболеваний [4; 22].

Всемирная организация здравоохранения для установления обеспеченности населения йодом рекомендует использовать метод йодурии – определение концентрации йода в моче. Однако метод йодурии пригоден только для эпидемиологических исследований, так как концентрация йода у отдельного индивидуума – величина динамичная и не отражает обеспеченность йодом конкретного человека. Кроме того, специфика метода йодурии затрудняет проведение популяционных исследований.

В последнее десятилетие, благодаря анализу представительных данных по содержанию йода в волосах жителей различных регионов России (Центр биотической медицины, Москва), была показана возможность определять индивидуальный и популяционный уровень йода в волосах и установлены его референтные величины [14].

По нашим данным, межгрупповой квартильный интервал йода P25–P75 находился в рамках референтных значений, но имел тенденцию к смещению к нижней границе (см. табл. 1). Содержание йода в группе пришлых жителей (0,59 мг/г) оказалось максимальным и достоверно превышало аналогичный показатель у коряков (0,32 мг/г), чукчей (0,40 мг/г), метисов (0,39 мг/г). Содержание йода у эвенов сопоставимо с показателем у пришлых жителей, что согласуется с ранее полученными данными о высоком уровне йода у эвенского этноса [30].

Таким образом, содержание йода у пришлых жителей, а также у эвенов находилось в пределах референтных величин, что может свидетельствовать о нормальной функции щитовидной железы и поддержании основного обмена (терморегуляции) у представителей указанных групп.

Учитывая, разную обеспеченность йодом демографических групп севера, проживающих в одной природно-климатической зоне, и более высокие показатели йода у эвенов, мы подтверждаем прежнее предположение о существовании у эвенов Северо-Востока России адаптивного йодсберегающего механизма, направленного на поддержание тиреоидной функции и проявления иммунной защиты [10; 24].

Заключение

Среди всех исследованных этнодемографических групп (аборигены, метисы, пришлые жители) максимальные (оптимальные) показатели элементов, ответственных за поддержание иммунитета, отмечены у пришлых жителей. По некоторым элементам (Zn) оптимальные величины наблюдаются и у метисов. У аборигенных групп элементы, сопряженные с иммунитетом, или достоверно ниже, или же отмечается тенденция к их понижению относительно пришлых жителей.

Потенциальной группой риска по развитию гипоселенозов является чукотский этнос. Минимальные значения цинка выявлены у чукчей, что повышает риск развития аутоиммунных заболеваний у чукотского этноса.

У представителей всех этнодемографических групп содержание железа находилось в пределах референтных значений. Однако его максимальные значения отмечены у пришлых жителей. Поэтому с точки зрения обеспечения должного уровня гемоглобина, кислородной емкости крови и иммунных реакций, организм пришлых жителей отличается большим функциональным резервом.

Максимальные показатели йода характерны также для пришлых жителей. Сопоставимое содержание йода отмечено в группе эвенков. Относительно высокие показатели йода свидетельствуют о нормальной функции щитовидной железы и поддержании основного обмена (терморегуляции) у представителей указанных групп.

Таким образом, анализ элементного статуса (селен, цинк, железо, йод) свидетельствует, что в условиях Севера именно аборигенные этносы наиболее предрасположены к развитию иммунодефицитных состояний, что может предопределять их проблемы со здоровьем и негативный демографический прогноз.

Список литературы

- [1] *Авцын А.П.* Недостаточность эссенциальных микроэлементов и ее проявление в патологии // Архив патологии 1990. № 3. С. 3–8.
- [2] *Агаджанян Н.А., Марачев А.Г., Бобков Г.А.* Экологическая физиология человека. М.: Крук, 1998. 416 с.
- [3] *Алексеева И.А., Хотимченко С.А., Степчук М.А., Суханов Б.П.* К вопросу о состоянии минерального обмена у коренного и пришлого населения, проживающего в районах Крайнего Севера // Медицина труда и промышленная экология. 1996. № 6. С. 43–46.
- [4] *Аухатова С.Н.* Влияние йода на метаболические процессы в организме // Успехи современного естествознания. 2006. № 1. С. 32–33.
- [5] *Бекетова Г.В., Горячева И.П.* Цинк и его влияние на здоровье человека в условиях пандемии COVID-19: что нового? // Pediatrics. Eastern Europe. 2021. Vol. 9, no. 1. P. 8–20.
- [6] *Брачун Т.А., Сахибгоряев В.Х.* Чукотский этнос: генезис и кризис. Магадан: Ноосфера, 2009. 117 с.
- [7] *Голубкина Н.А., Папазян Т.Т.* Селен в питании. Растения, животные, человек. М.: Печатный город, 2006. 269 с.
- [8] *Голубкина Н.А., Синдирева А.В., Зайцев В.Ф.* Внутрирегиональная вариабельность селенового статуса населения // Юг России: экология, развитие. 2017. Т. 12, № 1. С. 107–127.
- [9] *Гольцова Т.В., Осипова Л.П.* Генетико-демографическая структура популяций коренных народов Сибири в связи с проблемами микроэволюции // Вестник Вавиловского Общества Генетиков и Селекционеров. 2006. Т. 10, № 1. С. 126–154.
- [10] *Горбачев А.Л.* Некоторые итоги и задачи северной биоэлементологии // Вестник Северо-Восточного научного центра Дальневосточного отделения Российской академии наук. 2019. № 3. С. 117–123.

- [11] *Горбачев А.Л.* Некоторые эколого-медицинские проблемы Севера // Вестник Северо-Восточного научного центра Дальневосточного отделения Российской академии наук. 2020. № 4. С. 105–113.
- [12] *Горбачев А.Л., Бульбан А.П.* Обеспеченность селеном жителей Магаданской области. Возможные пути профилактики селенодефицита // Вестник Северо-Восточного государственного университета. 2010. № 14. С. 78–82.
- [13] *Горбачев А.Л., Луговая Е.А.* Элементный профиль организма аборигенных жителей Северо-Востока России // Вестник Северо-Восточного научного центра Дальневосточного отделения Российской академии наук. 2015. № 1. С. 86–94.
- [14] *Горбачев А.Л., Скальный А.В.* Содержание йода в волосах как показатель йодного статуса на индивидуальном и популяционном уровнях // Микроэлементы в медицине. 2015. Т.16. № 4. С. 41–44.
- [15] *Горбачев А.Л., Скальный А.В., Луговая Е.А.* Некоторые закономерности элементного статуса жителей северных регионов России на фоне биогеохимической характеристики Севера // Вестник восстановительной медицины. 2008. № 5А (28). С. 22–25.
- [16] *Дударев А.А.* Персистентные полихлорированные углеводороды и тяжелые металлы в Арктической биосфере. Основные закономерности экспозиции и репродуктивное здоровье коренных жителей // Биосфера. 2009. № 2. С. 186–202.
- [17] *Козлов А.И., Козлова М.А., Вершубская Г.Г., Шилов А.Б.* Здоровье коренного населения Севера РФ: на грани веков и культур. Пермь, 2012. 159 с.
- [18] *Киричук А.А.* Взаимосвязи обмена эссенциальных микроэлементов и функционального состояния сердечно-сосудистой системы у студентов – иностранцев // Микроэлементы в медицине. 2020. Т. 21, № 3. С. 33–42.
- [19] *Ковальский Ю.Г., Голубкина Н.А., Папазян Т.Т., Сенкевич О.А.* Селеновый статус жителей Хабаровского края 2018 г. // Микроэлементы в медицине. 2019. 20 (3). С. 45–53.
- [20] *Кудрин А.В., Скальный А.В., Жаворонков А.А., Скальная М.Г.* Иммунофармакология микроэлементов. М.: КМК, 2000. 456 с.
- [21] *Лыткина К.А.* Дефицит железа и иммунитет: что нового в третьем десятилетии 21 века? Уникальные возможности ферроцерона // Лечащий врач. 2022. Т. 5–6, № 25. С. 70–76. <http://doi.org/10.51793/OS.2022.25.6.013>
- [22] *Ляликов С.А., Собеска М., Гаврилик Л.Л.* Йод как фактор модифицирующий иммунитет // Экологическая иммунология. 2004. № 2. С.63–67.
- [23] *Максимов А.Л.* Современные методологические аспекты адаптации аборигенных и коренных популяций на Северо-Востоке России // Экология человека. 2009. № 6. С.17–21.
- [24] *Максимов А.Л., Горбачев А.Л.* Физиолого-морфологические особенности формирования тиреоидного статуса у аборигенного и приезжего населения Магаданской области // Физиология человека. 2001. Т. 27, № 4. С. 130–136.
- [25] *Манчук В.Т.* Особенности формирования здоровья у населения Севера и основные направления его реабилитации // Камчатка – здравница северо-восточных регионов России: материалы и доклады Второй межрегиональной научно-практической конференции, Петропавловск-Камчатский, 22–24.10.2009 г. Петропавловск-Камчатский: Научно-исследовательский геотехнологический центр Дальневосточного отделения Российской академии наук, 2009. С. 137–144.
- [26] *Манчук В.Т., Надточий Л.А.* Состояние и тенденции формирования здоровья коренного населения Севера и Сибири // Бюллетень Сибирского отделения Российской академии наук. 2010. Т. 30, № 3. С. 24–32.

- [27] Павленко В. И., Куценко С. Ю. Обеспечение комфортной жизнедеятельности человека в Арктике: проблемы и задачи // Экология человека. 2018. № 2. С. 51–58.
- [28] Павленко В. И., Петров А., Куценко С. Ю., Деттер Г.Ф. Коренные малочисленные народы Российской Арктики (Проблемы и перспективы развития) // Экология человека. 2019. № 1. С. 26–33.
- [29] Петров И.М., Гагина Т.А., Трошина И.А., Медведева И.В. Современные особенности питания и иммунная система // Сибирский медицинский журнал. 2006. № 6. С. 10–14.
- [30] Похилюк Н.В., Горбачев А.Л. Межэтнические особенности элементного статуса коренных малочисленных народов Севера // Микроэлементы в медицине. 2016. № 17 (1). С. 19–23.
- [31] Саитов Ш.О., Мусаева Д.М. Биологическая роль макро- и микроэлементов при COVID-19 // Тиббётда янги кун. 2021. 2 (34). С. 424–428.
- [32] Сальникова Е.В. Цинк – эссенциальный микроэлемент (обзор) // Вестник Оренбургского государственного университета. 2012. № 10 (146). С. 170–172.
- [33] Троегубова Н.А., Рылова Н.В., Самойлов А.С. Микронутриенты в питании спортсменов // Гастроэнтерология. 2014. № 1 (77). С. 46–49.
- [34] Трошина Е.А., Сенюшкина Е.С., Терехова М.А. Роль селена в патогенезе заболеваний щитовидной железы // Клиническая и экспериментальная тиреойдология. 2018. Т. 14, № 4. С. 192–205.
- [35] Оберлис Д., Харланд Б., Скальный А. В. Биологическая роль макро- и микроэлементов. СПб.: Наука, 2008. 544 с.
- [36] Хаснулин В.И. Современный взгляд на охрану здоровья коренных жителей Севера // Север-Человек: Проблемы сохранения здоровья: материалы Всерос. научн. конф. с междунар. участием, посвященной 25-летию научно-исследовательского института медицинских проблем Севера Сибирского отделения Российской академии наук. Красноярск, 2001. С. 27–33.
- [37] Хаховская Л.Н. Коренные народы Магаданской области в XX – начале XXI в. Магадан: Северо-Восточный научный центр Дальневосточного отделения Российской академии наук, 2008. 229 с.
- [38] Augustine L.F., Mullapudi V., Subramanian S. Infection-iron interaction during COVID-19 pandemic: Time to redesign iron supplementation programs // Kulkarni B. Med Hypotheses. 2020. 143 p. 110173. <http://doi.org/10.1016/j.mehy.2020.110173> Epub 2020 Aug 10.
- [39] Gorbachev A.L., Lugovaya E.A., Skalny A.V. Bioelement status shown by the aboriginal residents of Russia's northern regions // Conservation of environment for human health / National environmental Science Academe. NewDelhi, 2013. P. 65–73.
- [40] Combs G.F. Biomarker of selenium status // Nutrients. 2015. Vol. 7. P. 2209–2236. <http://doi.org/10.3390/nu7042209>
- [41] Скальный А.В. Референтные значения концентрации химических элементов в волосах, полученных методом ИСП-АЭС (АНО Центр Биотической Медицины) // Микроэлементы в медицине. 2003. Т. 4. Вып. 1. С. 65.

References

- [1] Avtsyn AP. Deficiency of essential microelements and its manifestation in pathology. *Pathology Archive*. 1990;3:3–8. (In Russ.)
- [2] Agadzhanian NA, Marachev AG, Bobkov GA. *Ecological human physiology*. Moscow, Kruk Publ.; 1998. (In Russ.)

- [3] Alekseeva IA, Khotimchenko SA, Stepchuk MA, Sukhanov BP. To the question of the state of mineral metabolism in the indigenous and alien population living in the regions of the Far North. *Occupational Medicine and Industrial Ecology*. 1996;6:43–46. (In Russ.)
- [4] Aukhatova SN. Influence of iodine on metabolic processes in the body. *Successes of modern natural science*. 2006;1:32–33. (In Russ.)
- [5] Beketova GV, Goryacheva IP. Zinc and its impact on human health during the COVID-19 pandemic: what's new? *Pediatrics. Eastern Europe*. 2021;9(1):8–20. (In Russ.)
- [6] Brachun TA, Sakhigoryaev VH. *Chukchi ethnos: genesis and crisis*. Magadan: Noosphere Publ.; 2009. (In Russ.)
- [7] Golubkina NA, Papazyan TT. *Selenium in nutrition: plants, animals, humans*. Moscow, 2006. (In Russ.)
- [8] Golubkina NA, Sindireva AV, Zaitsev VF. Interregional variability of the human selenium status. *South of Russia: ecology, development*. 2017;12(1):107–127 (In Russ.)
- [9] Goltsova TV, Osipova LP. Genetic and demographic structure of the populations of the indigenous peoples of Siberia in connection with the problems of microevolution. *Bulletin of the Vavilov Society of Geneticists and Breeders*. 2006;10(1):126–154. (In Russ.)
- [10] Gorbachev AL. Some results and tasks of northern bioelementology. *Bulletin of the North-Eastern Scientific Center of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences*. 2019;3:117–123. (In Russ.)
- [11] Gorbachev AL. Some environmental and medical problems of the North. *Bulletin of the North-Eastern Scientific Center of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences*. 2020;4:105–113. (In Russ.)
- [12] Gorbachev AL, Bulban AP. Provision of selenium to residents of the Magadan region. Possible ways to prevent selenium deficiency. *Bulletin of the North-Eastern State University*. 2010;14:78–82. (In Russ.)
- [13] Gorbachev AL, Lugovaya EA. Elemental profile of the organism of aboriginal inhabitants of the North-East of Russia. *Bulletin of the North-Eastern State University*. 2015;1:86–94. (In Russ.)
- [14] Gorbachev AL, Skalny AV. The content of iodine in hair as an indicator of iodine status at the individual and population levels. *Trace elements in medicine*. 2015;16(4):41–44. (In Russ.)
- [15] Gorbachev AL, Skalny AV, Lugovaya EA. Some patterns of the elemental status of the inhabitants of the northern regions of Russia against the background of the biogeochemical characteristics of the North. *Bulletin of restorative medicine*. 2008;5A(28):22–25. (In Russ.)
- [16] Dudarev AA. Persistent polychlorinated hydrocarbons and heavy metals in arctic biosphere: the main regularities of exposure and reproductive health of indigenous people. *Biosphere*. 2009;1(2):186–202 (In Russ.)
- [17] Kozlov AI, Kozlova MA, Vershubskaya GG, Shilov AB. *Health of the indigenous population of the North of the Russian Federation: on the verge of centuries and culture*. Perm; 2012. (In Russ.)
- [18] Kirichuk AA. The relationship of the exchange of essential trace elements and the functional state of the cardiovascular system in international students. *Trace Elements in Medicine*. 2020;21(3):33–42 (In Russ.)
- [19] Kovalsky JG, Golubkina NA, Papazyan TT, Senkevich OA. The human selenium status of Khabarovsk land in 2018. *Trace Elements in Medicine*. 2019; 20(3):45–53 (In Russ.)
- [20] Kudrin AV, Skalny AV, Zhavoronkov AA, Skalnaya MG. Immunopharmacology of trace elements. KMK Publ.; 2000. (In Russ.)

- [21] Lytkina KA. Iron deficiency and immunity: what's new in the third decade of the 21st century? Unique possibilities of ferrociron. *Attending Doctor*. 2022;5–6(25):70–76. <http://doi.org/10.51793/OS.2022.25.6.013> (In Russ.)
- [22] Lyalikov SA, Sobieska M, Gavriliuk LL. Iodine as a factor modifying immunity. *Ecological Immunology*. 2004;2:63–67. (In Russ.)
- [23] Maksimov AL. Modern methodological aspects of the adaptation of aboriginal and indigenous populations in the North-East of Russia. *Human Ecology*. 2009;6:17–21.
- [24] Maksimov AL, Gorbachev AL. Physiological and morphological features of the formation of thyroid status in the aboriginal and visiting population of the Magadan Region. *Human Physiology*. 2001;27(4):130–136. (In Russ.)
- [25] Manchuk VT. Features of the formation of health among the population of the North and the main directions of its rehabilitation. *Kamchatka – a health resort of the north-eastern regions of Russia: materials and reports of the second interregional. scientific and practical. Conf., Petropavlovsk-Kamchatsky, October 22–24, 2009*. Petropavlovsk-Kamchatsky: Research Geotechnological Center of the Far East Branch of the Russian Academy of Sciences Publ.; 2009. p. 137–144. (In Russ.)
- [26] Manchuk VT, Nadtochy LA. Status and trends in the formation of the health of the indigenous population of the North and Siberia. *Bulletin of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences*. 2010;30(3):24–32. (In Russ.)
- [27] Pavlenko VI, Kutsenko SYu. Providing a Comfortable Life Activity in the Arctic: Problems and Challenges. *Human Ecology*. 2018;2:51–58. (In Russ.)
- [28] Pavlenko VI, Petrov A, Kutsenko SYu, Detter GF. Indigenous Peoples of the Russian Arctic (Problems and Development Prospects). *Human Ecology*. 2019;1:26–33. (In Russ.)
- [29] Petrov IM, Gagina TA, Troshina IA, Medvedeva IV. Modern features of nutrition and the immune system. *Siberian Medical Journal*. 2006;6:10–14. (In Russ.)
- [30] Pokhilyuk NV, Gorbachev AL. Interethnic features of elemental status of indigenous small-numbered peoples of the North. *Trace Elements in Medicine*. 2016;17(1):19–23 (In Russ.)
- [31] Saitov ShO, Musaeva DM. Biological role of macro- and micronutrients at COVID-19. *Tibbetda yangi kun*. 2021;2(34):424–428. (In Russ.)
- [32] Salnikova EV. Zinc – essential trace elements (review). *Bulletin of the Orenburg State University*. 2012;10(146):170–172. (In Russ.)
- [33] Troegubova NA, Rylova NV, Samoylov AS. Micronutrients in the diet of athletes. *Gastroenterology*. 2014;1(77):46–49. (In Russ.)
- [34] Troshina EA, Senyushkina ES, Terekhova MA. The role of selenium in the pathogenesis of thyroid disease. *Clinical and experimental thyroidology*. 2018;14(4):192–205. (In Russ.)
- [35] Oberlis D, Harland B, Skalny A. *Biological role of macro- and microelements*. St. Petersburg: Nauka Publ.; 2008. 544 p. (In Russ.)
- [36] Khasnulin VI. A modern view of the health of the indigenous people of the North. *Sever-Person: Problems of Health Preservation: Materials of the All-Russian Scientific Conference with International Participation, dedicated to the 25th anniversary of the Research Institute of Medical Problems of the North, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences*. Krasnoyarsk, 2001:27–33. (In Russ.)
- [37] Khakhovskaya LN. Indigenous peoples of the Magadan region in the XX-beginning of the XXI century. Magadan: North-Eastern Scientific Center of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences Publ.; 2008. (In Russ.)
- [38] Augustine LF, Mullapudi V, Subramanian S. Infection-iron interaction during COVID-19 pandemic: Time to redesign iron supplementation programs. *Kulkarni B*.

- Med Hypotheses*. 2020;143:110173. <http://doi.org/10.1016/j.mehy.2020.110173> Epub 2020 Aug 10.
- [39] Gorbachev AL, Lugovaya EA, Skalny AV. Bioelement status shown by the aboriginal residents of Russia's northern regions. *Conservation of environment for human health*. National environmental Science Academe. NewDelhi; 2013. p. 65–73.
- [40] Combs GF. Biomarker of selenium status. *Nutrients*. 2015;7:2209–2236. <http://doi.org/10.3390/nu7042209>
- [41] Skalny AV. Reference values of the concentration of chemical elements in hair obtained by the ISP-NPP method (ANO Center for Biotic Medicine). *Trace elements in medicine*. 2003;4(1):65. (In Russ.)

Сведения об авторах:

Горбачев Анатолий Леонидович, доктор биологических наук, профессор кафедры валеологии, Северо-Восточный государственный университет, Российская Федерация, 685000, Магадан, ул. Портовая, д. 13. ORCID: 0000-0002-2432-3408, eLIBRARY SPIN-код: 7050-3412. E-mail: gor000@mail.ru

Киричук Анатолий Александрович, доктор биологических наук, директор департамента экологии человека и биоэлементологии Института экологии, Российский университет дружбы народов, Российская Федерация, 117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6. ORCID: 0000-0001-5125-5116, eLIBRARY SPIN-код: 9483-2011. E-mail: kirichuk-aa@rudn.ru

Похлюк Наталья Владимировна, врач-бактериолог, ГБУЗ «Магаданская областная больница», Российская Федерация, 685000, Магадан, ул. Нагаевская, д. 40. eLIBRARY SPIN-код: 5253-5527. E-mail: natalis2686@mail.ru

Bio notes:

Anatoly L. Gorbachev, Doct. Sci (Biol.), Professor of the Department of Valeology, Northeastern State University, 13 Portovaya St, Magadan, 685000, Russian Federation. ORCID: 0000-0002-2432-3408, eLIBRARY SPIN-code: 7050-3412. E-mail: gor000@mail.ru

Anatoly A. Kirichuk, Doctor of Biology, Director of the Department of Human Ecology and Bioelementology of the Institute of Ecology, Peoples' Friendship University of Russia, 6 Miklukho-Maklaya St, Moscow, 117198, Russian Federation. ORCID: 0000-0001-5125-5116, eLIBRARY SPIN-code: 9483-2011. E-mail: kirichuk-aa@rudn.ru

Natalya V. Pokhilyuk, Bacteriologist Doctor, Magadan Regional Hospital, 40 Nagaevskaya St, Magadan, 685000, Russian Federation. eLIBRARY SPIN-code: 5253-5527. E-mail: natalis2686@mail.ru.