

УДК 577.118 (571)

А.Л. Горбачев

ПРОБЛЕМНЫЕ ВОПРОСЫ МИНЕРАЛЬНОГО ОБМЕНА У ЖИТЕЛЕЙ АРКТИЧЕСКИХ ТЕРРИТОРИЙ

Северо-Восточный государственный университет, г. Магадан, Российская Федерация

A.L. Gorbachev

PROBLEM ISSUES OF MINERAL METABOLISM AMONG RESIDENTS OF THE ARCTIC TERRITORIES

North-Eastern State University, Magadan, Russian Federation

Резюме. Цель: дать биогеохимическую характеристику северных регионов и обосновать необходимость медико-экологических исследований биоэлементного статуса арктических популяций мигрантов и аборигенных жителей. **Методы:** обзор литературы по биогеохимическим исследованиям северных территорий за период 1980-2018 гг. **Результаты.** Дана природно-климатическая характеристика районов Севера, включая геохимическое окружение. Показано, что элементный статус жителей Севера проанализирован в основном у жителей приполярных районов. Арктические регионы в силу объективных трудностей остаются практически не изученными. Сделан акцент на техногенном загрязнении биосферы северных регионов тяжелыми металлами, и прежде всего ртутью, оказывающей нейротоксичный эффект. На примере ртути и селена показаны антагонистические отношения между химическими элементами в живом организме, следствием чего может быть формирование вторичных микроэлементозов. Высказано предложение о том, что для освоения арктических территорий России необходимо проведение геохимического районирования современных арктических регионов и выявление «предрасположенности» отдельных территорий к биогеохимическим эндемиям.

Ключевые слова: Север, микроэлементы, дезадаптации, эндемии

Abstract. Objective: to give a biogeochemical characterization of the northern regions and to justify the need for medical and environmental studies of the bioelemental status of Arctic populations of migrants and aboriginal people. **Methods:** review of the literature on biogeochemical studies of the northern territories for the period 1980-2018. **Results.** Given the climatic characteristics of areas of the North, including the geochemical environment. It is shown that the elemental status of the inhabitants of the North was analyzed mainly in the inhabitants of the circumpolar regions. Due to objective difficulties, the Arctic regions remain practically unexplored. Emphasis is placed on man-made pollution of the biosphere of the northern regions with heavy metals, and above all with mercury, which has a neurotoxic effect. By the example of mercury and selenium, antagonistic relations between the chemical elements in a living organism are shown, resulting in the formation of secondary microelementoses. It was suggested that in order to develop the Arctic territories of Russia, it is necessary to conduct geochemical zoning of the modern Arctic regions, and the identification of the “predisposition” of certain territories to biogeochemical endemys.

Keywords: North, microelements, disadaptation, endemia

Конфликт интересов отсутствует.
Контактная информация автора, ответственного за переписку:
Горбачев Анатолий Леонидович
gor000@mail.ru
Дата поступления 19.04.2019.
Образец цитирования:
Горбачев А.Л. Проблемные вопросы минерального обмена у жителей арктических территорий. Вестник уральской медицинской академической науки. 2019, Том 16, №2, с. 96-102, DOI: 10.22138/2500-0918-2019-16-2-96-102

There is no conflict of interest.
Contact details of the corresponding author:
Anatolij L. Gorbachev
gor000@mail.ru
Received 19.04.2019.
For citation:
Gorbachev A.L. Problem issues of mineral metabolism among residents of the Arctic territories. Vestn. Ural. Med. Akad. Nauki. = Journal of Ural Medical Academic Science. 2019, Vol. 16, no. 2, pp. 96-102. DOI: 10.22138/2500-0918-2019-16-2-96-102 (In Russ)

Учение о биологической роли химических элементов в организме человека — это прогрессивная область медико-биологических знаний [1]. Эссенциальные элементы, благодаря структурной, каталитической и сигнальной роли, участвуют в функционировании всех систем организма, являются структурно-функциональной основой жизни, определяют здоровье человека, качество жизни, ее продолжительность и демографические показатели населения [2].

Дисбаланс химических элементов во внутренней среде человека приводит к дисфункции гормонально-ферментных систем и развитию микроэлементозов — экологозависимых заболеваний биогеохимической природы (железодефицитные, йоддефицитные, иммунодефицитные состояния, сердечно-сосудистые заболевания и др.), что ухудшает индивидуальное и популяционное здоровье. Изучение особенностей транспорта химических элементов из окружающей среды в организме человека с последующей реализацией биологического эффекта является принципиальным вопросом фундаментальной биоэлементологии.

В последние десятилетия в развитых странах мира проводятся массовые обследования населения с целью установления референтных значений химических элементов в биосубстратах человека. В России под руководством пред. РОСМЭМ проф. Скального А.В. в рамках целевой федеральной программы «Национальная система химической и биологической безопасности Российской Федерации (2009-2014 гг.)» проведено широкомасштабное комплексное исследование элементного статуса населения России. Получены сведения о фоновых уровнях химических элементов у населения различных регионов, сформирована база данных, опубликованы 5-томное руководство «Элементный статус населения России», 2010-2014 и Атлас «Элементный статус населения России, 2014» [3].

В этой связи следует отметить, что северные регионы России в рамках этой программы изучены слабо. Более или менее полно проанализированы только территории Субарктики: Архангельская, Магаданская области [4, 5, 6], Тюменский север — ХМАО [7], Саха-Якутия [8, 9, 10]. В 1970-80 гг. исследован минеральный обмен у аборигенных жителей Чукотского полуострова [11, 12].

Объяснением слабой изученности Севера являются финансовые, транспортные и методические трудности, связанные с громадными, труднодоступными и малонаселенными северными территориями России. Арктические регионы в силу указанных причин в биогеохимическом отношении — это Terra incognita. Между тем, необходимость освоения территорий Крайнего Севера и закрепления на них жителей делает необходимым проведение в заполярных регионах комплексных медико-экологических исследований.

Север России занимает 2/3 площади Российской Федерации и представляет собой огромную полиэле-

ментную биогеохимическую провинцию со сниженными адаптивными возможностями человека, где нарушения минерального обмена носят масштабный характер. Биогеохимическая среда северных территорий за счет бедных подзолистых почв, мягкой и слабо минерализованной питьевой воды характеризуется крайне низким содержанием биогенных химических элементов, что создает биологические нагрузки и формирует предпосылки для нарушений минерального обмена.

Проблема природных микроэлементозов значительно усиливается техногенным загрязнением окружающей среды и аккумуляцией в живых организмах тяжелых элементов, оказывающих токсический эффект и нарушающих минеральный обмен. Современная биосфера северных территорий характеризуется повышенным содержанием тяжелых металлов — кадмия, свинца, ртути [13, 14, 15]. Комплекс токсичных элементов через пищевые цепи попадает в организм человека и негативно влияет на здоровье населения.

По уровню воздействия на живой организм одним из наиболее токсичных металлов является ртуть, действующая как кумулятивный яд. Основным пищевым источником ртути в регионах Севера является рыба и морепродукты, в которых ртуть накапливается в виде органического соединения метилртути (MeHg), являющейся сильнодействующим нейротоксином. В последнее время множится число научных публикаций о прогрессивном повышении уровня ртути в организме жителей северных регионов.

При этом следует иметь в виду проявления сложных конкурентно-антагонистических отношений между химическими элементами в живом организме, следствием чего может быть вытеснение эссенциальных элементов токсичными с формированием вторичных гипомикроэлементозов. В частности, селен, как мощный антиоксидант и иммуномодулирующий элемент, является функциональным антагонистом ртути, которая в свою очередь, при избыточных концентрациях, вытесняет селен из биологических сред. Дальнейшая техногенная аккумуляция в мировом океане ртути представляет потенциальную угрозу общественному здоровью. В регионах Севера избыток в организме нейротоксичной ртути с одновременным дефицитом эссенциального селена может быть основой малоизученных микроэлементозов. Кроме участия в развитии неврологических заболеваний, существуют данные, что повышенный уровень ртути провоцирует развитие сахарного диабета и гипертонии, также обсуждается роль ртути в развитии расстройств аутистического спектра [16].

Повышенное содержание ртути у аборигенов Чукотки (чукчи, эскимосы) отмечено еще в 70-х годах прошлого века [11, 12]. Причем, его концентрация соответствовала районам геохимических аномалий с избыточным поступлением элемента из внешней среды. Но высокие показатели ртути были сбалансирова-

ны и высоким содержанием селена. Избыточные концентрации обоих элементов объяснимы особенностями диеты аборигенных жителей — употреблением мяса морских животных (кит, морж, тюлень), богатого как селеном, так и аккумулирующего метилртуть. За прошедшее время произошли глобальные природно-социальные изменения (экология, климат, питание, трансформация демографической структуры населения и др.), что требует пересмотра физиологического статуса аборигенов, включая и параметры минерального обмена.

Биогеохимическая ситуация северных территорий, пригодная для коренных народов, может оказаться дискомфортной и даже экстремальной для приезжего населения. Адаптивные перестройки мигрантов в условиях Севера сопровождаются напряжением обменных процессов, формированием акклиматизационного дефицита элементов [17] и, в конечном счете, нарушением элементного гомеостаза, что усугубляет природную недостаточность жизненно важных элементов. Кроме этого, миграционная активность населения и несоответствие физиологических особенностей приезжих жителей среде обитания, в том числе и региональной биогеохимии, приводит к срыву адаптации, и может лежать в основе различных болезней многофакторной природы [18], включая и комплексные микроэлементозы.

Согласно классификации территорий по степени комфортности среды, заполярные регионы России относят к экстремальной среде [19]. Это самая обширная территория Российского Севера, где проживает около 2 млн. человек. Основная часть населения экстремальных зон распределена в Красноярском крае, Республике Коми, Ямало-Ненецком автономном округе и Магаданской области (Чукотка). Природные условия Заполярья с большой долей условности можно назвать естественной средой проживания человека. В плане комфорта — это агрессивная среда. В Заполярье человек подвержен жесткому воздействию комплекса природно-климатических факторов. Это экстремальный температурный и ветренный режимы, высокая влажность, контрастный ритм фотопериодичности (полярный день — «световое излишество», полярная ночь — «световое голодание»), резкие перепады атмосферного давления, аномалии геомагнитных полей, пустынность и однообразие ландшафта и др. Комплекс природно-климатических факторов Крайнего Севера формирует глобальный медико-биологический феномен — синдром полярного напряжения [20, 21], приводящий к нарушению обменных процессов и развитию краевых форм патологии.

В то же время Север представляет собой своеобразную природную лабораторию для комплексного исследования адаптации человека. Проживание человеческих популяций в экстремальных условиях длительное историческое время (аборигенное население), равно как и наличие на севере приезжего населения — ми-

грантов из комфортных природно-климатических регионов, проявление при этом адаптивных и дизадаптивных реакций, являются идеальной натурной базой для исследования вопросов экологической физиологии (резервных возможностей) человека в условиях Арктики. Особый интерес представляют еще существующие «изоляты» — аборигенные сообщества, проживающие в отдаленных местах севера, и сохранившие этнические традиции, обычаи и быт. Изолированные сообщества аборигенов являются уникальной моделью для изучения адаптивных возможностей человека в экстремальных условиях севера (климат, биогеохимия, питание).

Считается, что действие североспецифических факторов практически не компенсируется социальными или другими мерами защиты [22]. Но современные возможности цивилизации (функциональная одежда, адекватное обмену веществ питание) способны частично нивелировать экстремальное воздействие Севера. Но не все средовые факторы могут быть ослаблены, нейтрализованы или компенсированы «благами» цивилизации. К неизменным, постоянно действующим природным факторам Севера, кроме светопериодики (полярный день, полярная ночь), геомагнитных аномалий и перепадов атмосферного давления, следует отнести геохимические особенности арктических регионов — деминерализованную питьевую воду и бедные минералами местные продукты питания, что предопределяет физиологический дефицит эссенциальных элементов. Кроме того, природная нехватка микроэлементов у приезжих жителей Севера усугубляется их акклиматизационным дефицитом (железо), а также особенностями структуры и качества питания как мигрантов, так и коренных жителей. Причем, главную роль в обеспечении обменных и адаптивных процессов играет именно питание.

Известно, что для аборигенов Севера с традиционным укладом жизни характерен особый обмен веществ — «полярный метаболический тип» с доминированием в диете белково-липидных компонентов и минимумом углеводов [23, 24]. Такой тип метаболизма способствует адаптации к экстремальным условиям среды, обладает антистрессорным эффектом, предотвращает развитие сердечно-сосудистых и других заболеваний, связанных с нарушением обменных процессов [25, 26, 27].

Несмотря на преобладание в рационе коренных жителей Севера белково-жировой пищи, распространенность артериальной гипертензии и метаболического синдрома среди аборигенов Севера (Чукотка, Эвенкия, Северная Канада, Гренландия) оказалась парадоксально ниже относительно обитателей средних широт [28]. Это феномен связывают с повышенным поступлением в организм ненасыщенных жирных кислот омега-3 (рыба, мясо морских животных), оказывающих антисклеротическое и кардиопротекторное действие. В то же время традиционное питание северных народов, в

силу природно-экологического окружения может быть не сбалансировано по минеральному составу [29, 30].

Исследователи считают, что эволюционно выработанные механизмы обмена веществ являются генетически закрепленными [31]. Однако революционные изменения природно-социальной среды (экология, питание, образ жизни) способны нарушить наследственные механизмы обмена. Разрушение традиционного уклада жизни аборигенного населения Севера изменило их рацион питания [32]. Переход на европейскую кухню (смешанное питание, избыток углеводов) привел к срыву адаптивных процессов и развитию метаболических заболеваний, связанных с интенсификацией углеводного обмена и повышением в крови атерогенных липидов [26]. Метаболическая зависимость от липидно-белкового питания и недостаточное содержание в нем адаптогенных компонентов, включая минеральные вещества, при смешанном питании приводят к дополнительному снижению биологической устойчивости организма человека к условиям Севера [33].

Современные исследования липидного обмена у аборигенного населения Чукотки выявили повышение в крови жителей прибрежной зоны в сравнении с тундровыми районами общего холестерина и липопротеинов низкой плотности [25]. При этом у коренных этносов отмечено появление нехарактерных ранее болезней, в частности рахита, авитаминозов [34]. Эпидемиологические исследования эскимосов Аляски выявили распространенность у них заболеваний атеросклеротической этиологии [35].

Возникновение метаболических нарушений у коренных жителей Севера объяснимо изменением пищевых стереотипов, и может быть прямо связано с биогеохимическим дисбалансом атмосферы. При планировании микроэлементного скрининга в арктических регионах уже априори можно прогнозировать элементозы, вызванные дефицитом железа, йода, кальция, магния и избытком ртути. Возможные эндемии природного или техногенного генеза могут быть связаны как с нарушением баланса отдельных элементов (йод, селен, железо, кальций, магний и др.), так и негативным воздействием на человека их непредсказуемых комбинаций.

Особое внимание следует уделить исследованию йода

в биосфере Арктики. Йодный дефицит по-прежнему остается актуальной и острой медико-социальной проблемой (гипотиреоз, нарушения психо-соматического развития, иммуннодефицитные состояния, понижение популяционного уровня IQ), которая не решена даже в странах, где достаточно отработаны и внедрены методы индивидуальной и коллективной профилактики йоддефицитных заболеваний [36]. В условиях йодного дефицита биосферы и отсутствия йодной профилактики у населения арктических регионов можно прогнозировать наличие тяжелых форм йодного дефицита.

По Чукотскому автономному округу уровень заболеваний щитовидной железы, связанных с йодной недостаточностью (нетоксический зоб, субклинический гипотиреоз, эндемический зоб) у детей, подростков и взрослого населения в 1,5 раза и более превышает среднероссийские показатели [37].

Медицинской статистики по заболеваниям биогеохимической природы нет. Но, аналогично появлению метаболических нарушений у современной популяции Севера, у жителей неисследованных арктических регионов можно ожидать проявления неотмеченных ранее нарушений минерального обмена.

Насущная потребность в освоении северных территорий, изучении и разработке арктического шельфа, разведке и добыче полезных ископаемых, защите границ усилит приток на Север людей из других регионов России (воинская служба, вахтовый метод, длительное проживание).

Учитывая глобальные изменения экологической среды, социально-миграционная активность диктует необходимость ревизии геохимического районирования современных арктических регионов (вода, почва, продукты питания), выявления «предрасположенности» отдельных территорий к биогеохимическим эндемиям, а также контроль элементного статуса человека.

Результаты эколого-физиологических исследований арктических регионов, кроме фундаментальной значимости, должны использоваться для коррекции и профилактики элементозов у коренного населения, а также для проведения медико-профилактических мероприятий у мигрантов Севера.

ЛИТЕРАТУРА

1. Скальный А.В. Развитие концепции биоэлементов и перспективы биоэлементологии. Микроэлементы в медицине. 2009. Т.10. Вып. 3-4. С.1-6.
2. Агаджанян Н.А., Скальный А.В., Детков В.Ю. Элементный портрет человека: заболеваемость, демография и проблема управления здоровьем нации // Экология человека. 2013. №11. С.3-12.
3. Скальный А.В. Оценка и коррекция элементного статуса населения – перспективное направление отечественного здравоохранения и экологического мониторинга // Микроэлементы в медицине. 2018. Т.19.

REFERENCES

1. Skalny A.V. The development of the concept of bioelements and the prospects of bioelementology. Mikroehlementy v medicine. 2009. Vol.10. No. 3-4. pp.1-6. (In Russ).
2. Agadzhanyan N.A., Skalny A.V., Detkov V.Yu. Elemental portrait of a person: morbidity, demography and the problem of nation health management. *Ekologiya cheloveka*. 2013. No.11. pp.3-12. (In Russ).
3. Skalny A.V. Assessment and correction of the elemental status of the population - a promising direction of domestic health care and environmental monitoring.

Вып. 2. С. 5-13.

4. Горбачев А.Л., Ефимова А.В., Луговая Е.А., Бульбан А.П. Особенности элементного статуса жителей различных природно-географических территорий Магаданского региона. Экология человека. 2003. №6. С.12-16.

5. Горбачев А.Л., Добродеева Л.К., Теддер Ю.Р., Шацова Е.Н. Биогеохимическая характеристика северных регионов. Микроэлементный статус населения Архангельской области и прогноз развития эндемических заболеваний // Экология человека. 2007. №1. С.4-11.

6. 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.

7. Корчина Т.Я., Сорокун И.В. Некоторые физиологические показатели и элементарный статус коренного населения Ханты-Мансийского автономного округа // Успехи современного естествознания. 2006. №1. С. 89-90.

8. Скальный А.В. Эколого-физиологическое обоснование эффективности использования макро- и микроэлементов при нарушениях гомеостаза у обследуемых из различных климатогеографических регионов: Дисс. ... докт. мед. наук. М. 2000. 352 с.

9. Егорова Г.А. Элементный статус взрослого населения, проживающего в различных медико-географических зонах республики Саха (Якутия) // Экология человека. 2007. №1. С.55-59.

10. Петрова П.Г., Егорова Г.А. Экология и здоровье человека на Севере // Сибирский медицинский журнал. 2007. №. 2а. С.54-58.

11. 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.

12. Зорина Д.Ю., Бацевич В.А. Микроэлементный статус коренного населения Арктики (чукчи, эскимосы) по результатам анализа волос // Вестник Московского университета. Серия XXIII. Антропология, 2011. №4. С.105-111.

13. 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.

14. Корчина Т.Я., Корчин В.И. Сравнительная характеристика интоксикации свинцом и кадмием населения Ханты-Мансийского автономного округа // Гигиена и санитария. 2011. №3. С.8-10.

15. Горбачев А.Л. Ртуть как приоритетный загрязнитель окружающей среды // Микроэлементы в медицине. 2016. Т.17. Вып. 2. С.3-9.

16. Kern J.K., Geier D.A., Sykes L.K., Haley B.E.,

Mikroehlementy v medicine. 2018. Vol.19.No.2.pp. 5-13. (In Russ).

4. Gorbachev A.L., Efimova A.V., Lugovaya Ye. A., Bulban A.P. Features of the elemental status of residents of various natural-geographical areas of the Magadan region. *Ekologiya cheloveka*. 2003. No.6. pp.12-16. (In Russ).

5. Gorbachev A.L., Dobrodeeva L.K., Tedder Yu.R., Shatsova E.N. Biogeochemical characteristics of the northern regions. The trace element status of the population of the Arkhangelsk region and the forecast development of endemic diseases. *Ekologiya cheloveka*. 2007. No.1. pp.4-11. (In Russ).

6. Gorbachev A.L., Skalny A.V., Lugovaya Ye. A. Some regularities of the elemental status of residents of the northern regions of Russia against the background of the biogeochemical characteristics of the North. *Vestnik vosstanovitel'noj mediciny*. 2008. No.5A (28). pp.22-25. (In Russ).

7. Korchina T.Ya., Sorokun I.V. Some physiological indicators and elementary status of the indigenous population of the Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya*. 2006. No1. pp. 89-90. (In Russ).

8. Skalny A.V. Ecological and physiological rationale for the effectiveness of the use of macro- and micronutrients for homeostasis disorders in patients from different climatic and geographical regions: Diss. ... dokt. med. nauk. M. 2000. 352 p. (In Russ).

9. Egorova G.A. Elemental status of the adult population living in different medical-geographical zones of the Republic of Sakha (Yakutia). *Ekologiya cheloveka*. 2007. No,1. pp.55-59. (In Russ).

10. Petrova P.G., Egorova G.A. Ecology and human health in the North. *Sibirskij medicinskij zhurnal*. 2007. No.2a. pp.54-58. (In Russ).

11. Alekseeva I.A., Khotimchenko S.A., Stepchuk M.A., Sukhanov B.P. To the question of the state of mineral metabolism in the indigenous and alien population living in the regions of the Far North. *Medicina truda i promyshlennaya ehkologiya*. 1996. No.6. pp.43-46. (In Russ).

12. Zorina D.Yu., Batsevich V.A. The trace element status of the indigenous population of the Arctic (Chukchi, Eskimos) according to the results of hair analysis. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya XXIII. Antropologiya*. 2011. No.4. pp.105-111. (In Russ).

13. Dudarev A.A. Persistent polychlorinated hydrocarbons and heavy metals in the Arctic biosphere. The main patterns of exposure and reproductive health of indigenous people. *Biosfera*. 2009. No. 2. pp.186-202. (In Russ).

14. Comparative characteristics of lead intoxication and cadmium intoxication of the population of the Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug. *Gigiena i sanitariya*. 2011. No.3. pp.8-10. (In Russ).

15. Gorbachev A.L. Mercury as a priority environmental pollutant. *Mikroehlementy v medicine*.

- Geier M.R. The relationship between mercury and autism: A comprehensive review and discussion. *J. Trace Elem. Med. Biol.* 2016. Vol. 37. pp. 8–24
17. Марачев А.Г., Жаворонков А.А. Акклиматизационный дефицит железа // *Физиология человека.* 1987. Т.13. № 4. С.640–646.
18. Кучер А.Н. Ген-средовые взаимодействия как основа формирования здоровья // *Экологическая генетика.* 2017. Т.15. №4. С.19-32.
19. Прохоров Б.Б. Экология населения на Российском Севере // *Проблемы прогнозирования.* 1999. № 3. С. 130-142.
20. Казначеев В.П. Современные аспекты адаптации. Новосибирск: Наука, 1980. 190 с.
21. Хаснулин В.И. Введение в полярную медицину. Новосибирск: СО РАМН, 1998. 337 с.
22. Гудков А.Б., Лабутин Н.Ю. Влияние специфических факторов Заполярья на функциональное состояние организма человека // *Экология человека.* 2000. №2. С.18-20.
23. Казначеев В.П., Панин Л.Е., Коваленко Л.А. Актуальные проблемы рационального питания прошлого населения Заполярья и аборигенов Севера // *Вопросы питания.* 1980. № 1. С. 23-27.
24. Панин Л.Е. Рациональное питание на Севере - основа первичной профилактики // *Проблемы современного социального развития народностей Севера.* Под ред. В.И. Бойко, Ю.П.Никитина, А.И. Соломахи. Новосибирск: Наука. Сиб.отд.1987. С.223-230.
25. Гырголькау Л. А., Щербаклова Л. В., Иванова М. В. Содержание липидов в крови и частота дислипотеинемий у коренных жителей Чукотки // *Бюллетень Сибирского отд. РАМН.* 2011. Том 31. № 5. С.79-83.
26. Севостьянова Е.В. Особенности липидного и углеводного метаболизма человека на Севере (литературный обзор) // *Бюллетень сибирской медицины,* 2003. Т.12.№1. С.93-100.
27. Мальярчук Б.А. Генетическая структура, адаптация и здоровье коренного населения Северо-Восточной Азии (современное состояние проблемы) // *Вестник Северо-Восточного научного центра ДВО РАН,* 2017. №2. С. 118-127.
28. Кривошеков С.Г., Охотников С.В. Производственные миграции и здоровье человека на Севере. Новосибирск: СО РАМН, 2000. 117 с.
29. Ефремов В.В. К истории изучения питания на советском Севере // *Вопросы питания.* 1985. №5. С.71-75.
30. Чанчаева Е.А. К вопросу об адекватности питания аборигенного населения Сибири. Обзор литературы // *Экология человека.* 2010. №3. С.31-34.
31. Боринская С.А., Козлов А.И., Янковский Н.К. Гены и традиции питания // *Этнограф. обозрение.* 2009. №33. С.117-137.
32. Козлов А.И., Нувано В., Здор Э. Диета Чукотки // *Химия и жизнь.* 2008. № 4. С. 42-45.
33. Кершенгольц Б.М. Неспецифические биохимические механизмы адаптации организмов к эк-
2016. Vol.17. No. 2. pp.3-9. (In Russ).
16. Kern J.K., Geier D.A., Sykes L.K., Haley B.E., Geier M.R. The relationship between mercury and autism: A comprehensive review and discussion. *J. Trace Elem. Med. Biol.* 2016. Vol. 37. pp. 8–24.
17. Marachev A.G., Zhavoronkov A.A. Acclimatization iron deficiency. *Fiziologiya cheloveka.* 1987. Vol.13. No 4. pp.640–646. (In Russ).
18. Kucher A.N. Gene-environment interactions as the basis for the formation of health. *Ekologicheskaya genetika.* 2017. Vol.15. No.4. pp.19-32. (In Russ).
19. Prokhorov B. B. Population ecology in the Russian North. *Problemy prognozirovaniya.* 1999. No. 3. pp. 130-142. (In Russ).
20. Kaznacheev V.P. Modern aspects of adaptation. *Novosibirsk: Nauka,* 1980. 190 p. (In Russ).
21. Hasnulin V.I. Introduction to polar medicine. *Novosibirsk: SO RAMN,* 1998. 337 p. (In Russ).
22. Gudkov AB, Labutin N.Yu. The influence of specific factors of the Arctic on the functional state of the human body well. *Ekologiya cheloveka.* 2000. No.2. pp.18-20. (In Russ).
23. Kaznacheev V.P., Panin L.E., Kovalenko L.A. Actual problems of rational nutrition of the alien population of the Polar region and the natives of the North. *Voprosy pitaniya.* 1980. No. 1. pp. 23-27. (In Russ).
24. Panin L.E. Rational nutrition in the North - the basis of primary prevention. *Problemy sovremennogo social'nogo razvitiya narodnostej Severa.* Pod red. V.I. Bojko, YU.P.Nikitina, A.I. Solomahi. *Novosibirsk: Nauka. Sib.otd.*1987. pp.223-230. (In Russ).
25. Gyrgolkau L. A., Shcherbakova L. V., Ivanova M. V. Blood lipids and the frequency of dyslipoproteinemia in the indigenous people of Chukotka. *Byulleten' Sibirskogo otd. RAMN.* 2011. Vol. 31. No. 5. pp.79-83. (In Russ).
26. Sevostyanova E.V. Features of the lipid and carbohydrate metabolism of man in the North (literature review). *Byulleten' sibirskoj mediciny,* 2003. Vol.12. No.1. pp.93-100. (In Russ).
27. Malyarchuk B.A. Genetic structure, adaptation and health of the indigenous population of Northeast Asia (current state of the problem). *Vestnik Severo-Vostochnogo nauchnogo centra DVO RAN,* 2017. No.2. pp. 118-127. (In Russ).
28. Krivoshchekov S.G., Okhotnikov S.V. Production migrations and human health in the North. *Novosibirsk: SO RAMN,* 2000. 117 p. (In Russ).
29. Efremov V.V. To the history of studying nutrition in the Soviet North. *Voprosy pitaniya.* 1985.No.5. p.71-75. (In Russ).
30. Chanchayeva E.A. On the question of the adequacy of nutrition of the aboriginal population of Siberia. *Literature review. Ekologiya cheloveka.* 2010. No.3. pp.31-34. (In Russ).
31. Borinskaya S.A., Kozlov A.I., Yankovsky N.K. Genes and food traditions. *Etнограф. obozrenie.* 2009. No.33. pp.117-137. (In Russ).

тремальным условиям среды // Наука и образование. 1996. №3. С.130-138.

34. Богословская Л. Слугин И., Загребин И., Крупник И. Основы морского зверобойного промысла: Научно-методическое пособие. М.-Анадырь: Институт Наследия, 2007. 480 с.

35. Greenberg C.R., Dilling L.A., Thompson G.R. et al. The paradox of the carnitine palmitoyl transferase type 1a P479L variant in Canadian Aboriginal populations. *Mol.Genet. Metab.* 2009. Vol.96. pp. 201-207.

36. Рекомендации по мониторингу программ йодирования соли и оценке статуса йодной обеспеченности населения // Клиническая и экспериментальная тиреология. 2018. Т. 14. №2. С. 100–112. doi: 10.14341/ket9734

37. Материалы государственного доклада «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Чукотском автономном округе в 2016 году: г. Анадырь, 2017. 127 с.

32. Kozlov AI, Nuvano V., Zdor E. Diet of Chukotka. *Himiya i zhizn'*. 2008. No. 4. pp. 42-45. (In Russ).

33. Kershengolts B.M. Non-specific biochemical mechanisms of adaptation of organisms to extreme environmental conditions. *Nauka i obrazovanie.* 1996. No.3. pp.130-138. (In Russ).

34. Bogoslovskaya L. Slugin I., Zagrebin I., Krupnik I. Basics of marine hunting: Nauchno-metodicheskoe posobie. M.-Anadyr': Institut Naslediya, 2007. 480 p. (In Russ).

35. Greenberg C.R., Dilling L.A., Thompson G.R. et al. The paradox of the carnitine palmitoyl transferase type 1a P479L variant in Canadian Aboriginal populations. *Mol.Genet. Metab.* 2009. Vol.96. pp. 201-207.

36. Recommendations for monitoring salt iodization programs and assessing the status of iodine provision of the population. *Klinicheskaya i ehksperimental'naya tireoidologiya.* 2018. Vol. 14. No.2. pp. 100–112. doi: 10.14341/ket9734 (In Russ).

37. Materials of the state report «On the state of sanitary and epidemiological well-being of the population in the Chukotka Autonomous Region in 2016: g. Anadyr', 2017. 127 p. (In Russ).

Автор

Горбачев Анатолий Леонидович
Северо-Восточный государственный университет
Доктор биологических наук, профессор, ведущий научный сотрудник
Российская Федерация, 685000, г. Магадан, ул. Портовая, 13
gor000@mail.ru

Author

Anatolij L. Gorbachev
North – Eastern State University
Dr. Sci. (Biological), Professor, Leading Researcher
Portovaya str. 13 Magadan 685000 Russian Federation
gor000@mail.ru