

ПРОБЛЕМНАЯ СТАТЬЯ

## НЕКОТОРЫЕ ПРОБЛЕМЫ БИОГЕОХИМИИ СЕВЕРНЫХ ТЕРРИТОРИЙ РОССИИ

**А.Л. Горбачев**

Северо-Восточный государственный университет, г. Магадан, Россия

**РЕЗЮМЕ.** Дана природно-климатическая характеристика районов Севера, отмечен ее экстремальный характер, включая геохимическое окружение. Представлен краткий обзор биогеохимических исследований на Российском Севере. 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, прежде всего ртутью, оказывающей нейротоксичный эффект. На примере ртути и селена показаны антагонистические отношения между химическими элементами в живом организме, вследствие чего могут формироваться вторичные микроэлементозы. Высказано мнение, 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, дизадаптации, эндемии.

### ВВЕДЕНИЕ

Биоэлементология является одним из фундаментально-прикладных направлений физиологии человека. На сегодняшний день учение о биологической роли химических элементов в организме человека – это прогрессивная область медико-биологических знаний (Скальный, 2009). 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 (Агаджанян и др., 2013).

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 обмена химических элементов в организме человека, а также особен-

ностей их транспорта из окружающей среды 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 председателя РОСМЭМ проф. А.В. Скального 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» (Скальный, 2018).

В этой связи следует отметить, что северные регионы России в рамках этой программы изучены слабо. Более или менее полно проанализиро-

\* Адрес для переписки:  
**Горбачев Анатолий Леонидович**  
E-mail: gor000@mail.ru

ваны только территории Субарктики: Архангельская, Магаданская области (Горбачев и др., 2003, 2007, 2008), Тюменский север – ХМАО (Корчина, Сорокун, 2006), Саха-Якутия (Скальный, 2000; Егорова, 2007). Арктические, заполярные регионы остались за рамками Всероссийского элементного скрининга. Исключение составляют заполярные территории Красноярского края – Таймырский АО (Колпакова, 1999), Полярный район Саха-Якутии (Егорова, 2007; Петрова, Егорова, 2007). Также в 1970–1980 гг. исследован минеральный обмен у аборигенных жителей Чукотского полуострова (Batzevich, 1995; Алексеева и др., 1996; Зорина, Бацевич, 2011). Но с тех пор произошли глобальные природно-социальные изменения (экология, климат, питание, трансформация демографической структуры населения и др.), что требует пересмотра физиологического статуса аборигенов, в том числе параметров минерального обмена.

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 – *Terra incognita*. Между тем необходимость освоения территорий Крайнего Севера и закрепления на них жителей, требует проведения в заполярных регионах комплексных медико-экологических исследований.

Север России занимает 2/3 площади Российской Федерации, включает в себя несколько геохимических провинций и представляет собой огромную полиэлементную биогеохимическую территорию 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 как прямой токсический эффект, так и опосредовано нарушающих минеральный обмен.

Современная биосфера северных территорий характеризуется повышенным содержанием тяжелых металлов – кадмия, свинца, ртути (Дударев, 2009; Корчина, Корчин, 2011). 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 считается ртуть, действующая как кумулятивный яд. Основной пищевой источник ртути в регионах Севера – рыба и морепродукты, в которых ртуть накапливается в виде органического соединения метилртути, являющейся сильнодействующим нейротоксином.

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 и неизбежная техногенная аккумуляция в мировом океане ртути представляет потенциальную угрозу общественному здоровью. Избыток в организме нейротоксичной ртути с одновременным дефицитом эссенциального селена может быть основой малоизученных элементозов. Кроме участия ртути в развитии неврологических заболеваний, существуют данные, что повышенный уровень этого элемента провоцирует развитие сахарного диабета и гипертонии, также обсуждается роль ртути в развитии расстройств аутистического спектра.

Повышенное содержание ртути у аборигенов заполярной Чукотки (чукчи, эскимосы) отмечено еще в 1970-х гг. (Batzevich, 1995; Алексеева и др., 1996; Зорина, Бацевич, 2011). Причем концентрация ртути соответствовала районам геохимических аномалий с избыточным поступлением элемента из внешней среды. Но высокие показатели ртути были сбалансированы и высоким содержанием селена. Избыточные концентрации обоих элементов объяснимы особенностями диеты аборигенных жителей – употреблением мяса морских животных (кит, морж, тюлень), богатого селеном и аккумулирующего ме-

тилртуть. Современные исследования выявили наличие ртути в волосах жителей приморских поселков Магаданской области (Горбачев, 2016). Концентрация ртути не превышала безопасно допустимого уровня, но была достоверно выше фонового уровня. С целью контроля химического загрязнения биосферы северных территорий требуется законодательный биогеохимический мониторинг.

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 (Марачев, Жаворонков, 1987), и в конечном счете, нарушением элементного гомеостаза, что усугубляет природную недостаточность жизненно важных элементов. Кроме этого, миграционная активность населения и несоответствие генетических особенностей приезжих жителей среде обитания, в том числе и региональной биогеохимии, приводит к срыву адаптации и может лежать в основе различных болезней многофакторной природы (Кучер, 2017), включая и комплексные микроэлементозы.

Согласно классификации территорий по степени комфортности среды, заполярные регионы России относят к экстремальной среде (Прохоров, 1989). Это самая обширная территория Российского Севера, где проживает примерно 2 млн человек. Наиболее населены экстремальные территории 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», «биологическая тьма»), резкие перепады атмосферного давления, аномалии геомагнитных полей, пустыньность и однообразие ландшафта и др. Комплекс природно-климатических факторов Крайнего Севера формирует глобальный медико-

биологический феномен – синдром полярного напряжения (Казначеев, 1980; Хаснулин, 1998), приводящий к нарушению обменных процессов и развитию краевой патологии.

В то же время Север представляет собой своеобразную природную лабораторию для комплексного исследования адаптивных реакций человека. Проживание человеческой популяции в экстремальных условиях длительное историческое время (аборигенное население), равно как и наличие на Севере приезжего населения – мигрантов 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. Изоляты являются уникальной моделью для изучения адаптивных возможностей человека (адаптации или дизадаптации) в экстремальных условиях Севера (климат, геохимия, питание).

Считается, что действие североспецифических факторов практически не компенсируется социальными или другими мерами защиты (Гудков, Лабутин, 2000). Но современные возможности цивилизации (функциональная одежда, адекватное обмену веществ питание) способны частично нивелировать экстремальное воздействие Севера. Однако 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 (Казначеев и др., 1980; Панин, 1987). Такой тип метаболизма способствует адаптации к экстремальным условиям среды, обладает антистрессорным эффектом, предотвращает развитие сердечно-сосудистых и других заболеваний, связанных с нарушением обменных процессов (Гырголькау и др., 2011; Севостьянова, 2013; Мальярчук, 2017).

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 (Кривошеков, Охотников, 2000). 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-климатических условий может быть не сбалансировано по элементному составу (Ефремов, 1985; Чанчаева, 2009).

Исследователи считают, что эволюционно выработанные механизмы обмена веществ являются генетически закрепленными (Боринская и др. 2009). 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 (Козлов и др., 2008). 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 (Севостьянова, 2003). 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 (Кершенгольц, 1996).

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 (Гырголькау и др., 2011). При этом у коренных этносов отмечено появление нехарактерных ранее болезней, в частности рахита, авитаминозов (Богословская и др., 2007). Эпидемиологические исследования эскимосов Аляски выявили распространенность среди них болезней атеросклеротической этиологии (Greenberg et al., 2009).

Возникновение метаболических нарушений у коренных жителей Севера объяснимо изменением пищевых стереотипов и может быть прямо связано с биогеохимическим дисбалансом атмосферы. При планировании микроэлементного скрининга уже априори в арктических регионах 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 психосоматического развития, ретардация, иммунодефицитные состояния, понижение популяционного уровня IQ), которая не решена даже в странах, где достаточно отработаны и внедрены методы индивидуальной и коллективной профилактики йоддефицитных заболеваний. В условиях йодного дефицита биосферы и отсутствия йодной профилактики у населения арктических регионов можно прогнозировать наличие тяжелых форм йодного дефицита, вплоть до эндемического кретинизма.

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 (Материалы госдоклада «О состоянии санитар.-эпидем. ... в ЧАО, 2011–2016 гг.»).

Конкретной медицинской статистики по заболеваниям биогеохимической природы нет. Но

аналогично появлению метаболических нарушений, у жителей неисследованных арктических регионов можно ожидать проявления не отмеченных ранее нарушений минерального обмена.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

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

Учитывая глобальные изменения экологической среды, 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, будут использованы для коррекции и профилактики элементозов у коренного населения, а также для проведения медико-профилактических мероприятий у мигрантов.

С целью минимизации дизадаптивных проявлений и сохранения здоровья приезжего населения необходимо с учетом конкретной геохимической обстановки вырабатывать научно-практические рекомендации для «мягкой» адаптации приезжих к условиям Крайнего Севера, такие как: разработка рационов питания, биологически активных добавок, витаминно-минеральных комплексов.

### ЛИТЕРАТУРА

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.

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.

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

Боринская С.А., Козлов А.И., Янковский Н.К. Гены и традиции питания. *Этнограф. обозрение*. 2009. № 33. С. 117–137.

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

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.

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.

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.

Гудков А.Б., Лабутин Н.Ю. Влияние специфических факторов Заполярья на функциональное состояние организма человека. *Экология человека*. 2000. № 2. С. 18–20.

Гырголька Л. А., Щербакова Л. В., Иванова М. В. Содержание липидов в крови и частота дислипидемий у коренных жителей Чукотки. *Бюллетень Сибирского отд. РАМН*. 2011. Т. 31. № 5. С. 79–83.

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.

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

Ефремов В.В. К истории изучения питания на советском Севере. *Вопросы питания*. 1985. № 5. С. 71–75.

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.

Казначеев В.П., Панин Л.Е., Коваленко Л.А. Актуальные проблемы рационального питания пришлого населения Заполярья и аборигенов Севера. *Вопросы питания*. 1980. № 1. С. 23–27.

Казначеев В.П. *Современные аспекты адаптации*. Новосибирск: Наука, 1980, 190 с.

Кершенгольц Б.М. Неспецифические биохимические механизмы адаптации организмов к экстремальным условиям среды. *Наука и образование*. 1996. № 3. С.130–138.

Козлов А.И., Нувано В., Здор Э. Диета Чукотки. *Химия и жизнь*. 2008. № 4. С. 42–45.

Колпакова А.Ф. Влияние антропогенного загрязнения на содержание тяжелых металлов в крови жителей Таймырского автономного округа. *Экология человека*. 1999. № 2. С. 15–17.

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.

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.

Кривошеков С.Г., Охотников С.В. Производственные миграции и здоровье человека на Севере. Новосибирск: СО РАМН, 2000. 117 с.

Кучер А.Н. Ген-средовые взаимодействия как основа формирования здоровья. Экологическая генетика. 2017. Т. 15. № 4. С. 19–32.

Малярчук Б.А. Генетическая структура, адаптация и здоровье коренного населения Северо-Восточной Азии (современное состояние проблемы). Вестник СВНЦ ДВО РАН. 2017. № 2. С. 118–127.

Марачев А.Г., Жаворонков А.А. Акклиматизационный дефицит железа. Физиология человека. 1987. Т. 13. № 4. С. 640–646.

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.

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

Прохоров Б.Б. Экология населения на Российском Севере. Проблемы прогнозирования. 1999. № 3. С. 130–142.

Севостьянова Е.В. Особенности липидного и углеводного метаболизма человека на Севере (литературный обзор). Бюллетень сибирской медицины. 2003. Т. 12. №1. С. 93–100.

Скальный А.В. Оценка и коррекция элементного статуса населения – перспективное направление отечественного здравоохранения и экологического мониторинга. Микроэлементы в медицине. 2018. Т. 19. Вып. 2. С. 5–13.

Скальный А.В. Развитие концепции биоэлементов и перспективы биоэлементологии. Микроэлементы в медицине. 2009. Т. 10. Вып. 3-4. С.1–6.

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.

Хаснулин В.И. Введение в полярную медицину. Новосибирск: СО РАМН. 1998. 337 с.

Чанчаева Е.А. К вопросу об адекватности питания аборигенного населения Сибири. Обзор литературы. Экология человека. 2010. № 3. С. 31–34.

Batzevich V.A. Hair trace element analysis in human ecology studies. Sci.Total Environ.1995; 164: 89–98.

Greenberg C.R., Dilling L.A., Thompson G.R. et al. The paradox of the carnitine palmitoyltransferase type 1a P479L variant in Canadian Aboriginal populations. Mol.Genet. Metab. 2009; 96: 201–207.

## SOME PROBLEMS OF BIOGEOCHEMISTRY OF THE NORTHERN TERRITORIES OF RUSSIA

*A.L. Gorbachev*

North-Eastern State University, Portovaya str. 13, Magadan, 685000, Russia

**ABSTRACT.** The natural and climatic characteristics of the areas of the North are given, its extreme character is shown, including the geochemical environment. A brief review of biogeochemical studies in the Russian North was made. It is shown that the elemental status of the inhabitants of the North is analyzed mainly among the inhabitants of the Circumpolar regions. Due to objective difficulties, the Arctic regions remain practically unexplored.

The emphasis was placed on technogenic contamination of the biosphere of the northern regions by heavy metals, and first of all by mercury, which has a neurotoxic effect. On the example of mercury and selenium antagonistic relations between chemical elements in a living organism are shown, which may result in the formation of secondary microelementoses.

It is shown that geochemical zoning of the modern Arctic regions is necessary for the development of the Arctic territories of Russia, and the identification of the «predisposition» of individual territories to biogeochemical endemias.

**KEYWORDS:** North, microelements, disadaptation, endemia.

### REFERENCES

Agadzhanyan N.A., Skalny A.V., Detkov V.YU. Ehlementnyj portret cheloveka: zaboлеваemost', demografiya i problema upravleniya zdorov'em nacji. Ehkologiya cheloveka. 2013; 11: 3–12.

Alekseeva I.A., Hotimchenko S.A., Stepchuk M.A., Suhanov B.P. K voprosu o sostoyanii mineral'nogo obmena u korenного i prishlogo naseleniya, prozhivayushchego v rajonah Krajnego Severa. Medicina truda i promyshlennaya ehkologiya. 1996. № 6. S. 43–46.

Bogoslavskaya L. Slugin I., Zagrebin I., Krupnik I. Osnovy morskogo zverbojnogo promysla: Nauchno-metodicheskoe posobie. M.-Anadyr': Institut Naslediya, 2007. 480 s.

- Borinskaya S.A., Kozlov A.I., Yankovskij N.K. Geny i tradicii pitaniya. Ehtnograf. obozrenie. 2009. № 33. S. 117–137.
- Gorbachev A.L. Rtut' kak prioritetnyj zagryaznitel' okruzhayushchej sredy. Mikroehlementy v medicine. 2016. T.17. Vyp. 2. S. 3–9.
- Gorbachev A.L., Skalny A.V., Lugovaya E.A. Nekotorye zakonomernosti ehlementnogo statusa zhitelej severnyh regionov Rossii na fone biogeohimicheskoy harakteristiki Severa. Vestnik vosstanovitel'noj mediciny. 2008. №5A (28). S. 22–25.
- Gorbachev A.L., Dobrodeeva L.K., Tedder YU.R., SHacova E.N. Biogeohimicheskaya harakteristika severnyh regionov. Mikroehlementnyj status naseleniya Arhangel'skoj oblasti i prognoz razvitiya ehndemicheskikh zabolevanij. Ehkologiya cheloveka. 2007. № 1. S. 4–11.
- Gorbachev A.L., Efimova A.V., Lugovaya E.A., Bul'ban A.P. Osobennosti ehlementnogo statusa zhitelej razlichnyh prirodno-geograficheskikh territorij Magadanskogo regiona. Ehkologiya cheloveka. 2003. № 6. S. 12–16.
- Gudkov A.B., Labutin N.YU. Vliyanie specificheskikh faktorov Zapolyar'ya na funkcional'noe sostoyanie organizma cheloveka. Ehkologiya cheloveka. 2000. № 2. S. 18–20.
- Gyrgol'kau L. A., Shcherbakova L. V., Ivanova M. V Soderzhanie lipidov v krovi i chastota dislipoproteinemij u korennyh zhitelej Chukotki. Byulleten' Sibirskogo otd. RAMN. 2011. Tom 31. № 5. S. 79–83.
- Dudarev A.A. Persistentnyye polihlorirovannyye uglevodorody i tyazhelye metally v Arkticheskoy biosfere. Osnovnye zakonomernosti ehkspozicii i reproduktivnoe zdorov'e korennyh zhitelej. Biosfera. 2009. № 2. S. 186–202.
- Egorova G.A. Ehlementnyj status vzroslogo naseleniya, prozhivayushchego v razlichnyh mediko-geograficheskikh zonah respubliky Saha (Yakutiya). Ehkologiya cheloveka. 2007. № 1. S. 55–59.
- Efremov V.V. K istorii izucheniya pitaniya na sovetskom Severe. Voprosy pitaniya. 1985. № 5. S. 71–75.
- Zorina D.Yu., Bacevich V.A. Mikroehlementnyj status korennoho naseleniya Arktiki (chukchi, ehskimusy) po rezul'tatam analiza volos. Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya XXIII. Antropologiya. 2011. № 4. S.105–111.
- Kaznacheev V.P., Panin L.E., Kovalenko L.A. Aktual'nye problemy racional'nogo pitaniya prishlogo naseleniya Zapolyar'ya i aborigenov Severa. Voprosy pitaniya. 1980. № 1. S. 23–27.
- Kaznacheev V.P. Sovremennyye aspekty adaptacii. Novosibirsk: Nauka, 1980, 190 s.
- Kershengol'c B.M. Nespecificheskyye biokhimicheskiye mekhanizmy adaptacii organizmov k ehkstreml'nym usloviyam sredy. Nauka i obrazovanie. 1996. № 3. S.130–138.
- Kozlov A.I., Nuvano V., Zdor Eh. Dieta Chukotki. Himiya i zhizn'. 2008. № 4. S. 42–45.
- Kolpakova A.F. Vliyanie antropogennogo zagryazneniya na sodержание tyazhelykh metallov v krovi zhitelej Tajmyrskogo avtonomnogo okruga. Ehkologiya cheloveka. 1999. № 2. S. 15–17.
- Korchina T.Ya., Korchin V.I. Sravnitel'naya harakteristika intoksikacii svincom i kadmiiem naseleniya Hanty-Mansijskogo avtonomnogo okruga. Gigiena i sanitariya. 2011. № 3. S. 8–10.
- Korchina T.Ya., Sorokun I.V. Nekotorye fiziologicheskyye pokazateli i ehlementarnyj status korennoho naseleniya Hanty-Mansijskogo avtonomnogo okruga. Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya. 2006. № 1. S. 89–90.
- Krivoshchekov S.G., Ohotnikov S.V. Proizvodstvennyye migracii i zdorov'e cheloveka na Severe. Novosibirsk: SO RAMN, 2000. 117 s.
- Kucher A.N. Gen-sredovyye vzaimodejstviya kak osnova formirovaniya zdorov'ya. Ehkologicheskaya genetika. 2017. T. 15. № 4. S. 19–32.
- Malyarchuk B.A. Geneticheskaya struktura, adaptaciya i zdorov'e korennoho naseleniya Severo-Vostochnoj Azii (so-vremennoe sostoyanie problemy). Vestnik SVNC DVO RAN, 2017. № 2. S. 118–127.
- Marachev A.G., Zhavoronkov A.A. Akklimatizacionnyj deficit zheleza. Fiziologiya cheloveka. 1987. T. 13. № 4. S. 640–646.
- Panin L.E. Racional'noe pitanie na Severe - osnova pervichnoj profilaktiki. Problemy sovremennogo soci-al'nogo razvitiya narodnostej Severa. Pod red. V.I. Bojko, YU.P. Nikitina, A.I. Solomahi. Novosibirsk: Nauka. Sib.otd.1987. S. 223–230.
- Petrova P.G., Egorova G.A. Ehkologiya i zdorov'e cheloveka na Severe. Sibirskij med. zhurnal. 2007. №. 2a. S.54–58.
- Prohorov B.B. Ehkologiya naseleniya na Rossijskom Severe. Problemy prognozirovaniya. 1999. № 3. S. 130–142.
- Sevast'yanova E.V. Osobennosti lipidnogo i uglevodnogo metabolizma cheloveka na Severe (literaturnyj obzor). Byulleten' sibirskoj mediciny, 2003. T. 12. №1. S. 93–100.
- Skalny A.V. Ocenka i korrekciya ehlementnogo statusa naseleniya – perspektivnoe napravlenie otechestvennogo zdoroohraneniya i ehkologicheskogo monitoringa. Mikroehlementy v medicine. 2018. T. 19. Vyp. 2. S. 5–13.
- Skalny A.V. Razvitiye koncepcii bioehlementov i perspektivy bioehlementologii. Mikroehlementy v medicine. 2009. T. 10. Vyp. 3-4. S.1–6.
- Skalny A.V. Ehkologo-fiziologicheskoye obosnovanie ehffektivnosti ispol'zovaniya makro - i mikroehlementov pri narusheniyah gomeostaza u obsleduemyyh iz razlichnyh klimatogeograficheskikh regionov: diss. ... dokt. med. nauk. M. 2000. 352 s.
- Hasnuln V.I. Vvedenie v polyarnuyu medicinu. Novosibirsk: SO RAMN, 1998. 337 s.
- Chanchaeva E.A. K voprosu ob adekvatnosti pitaniya aborigennogo naseleniya Sibiri. Obzor literatury. Ehkologiya cheloveka. 2010. № 3. S. 31–34.
- Batzevich V.A. Hair trace element analysis in human ecology studies. Sci.Total Environ.1995; 164: 89–98.
- Greenberg C.R., Dilling L.A., Thompson G.R. et al. The paradox of the carnitine palmitoyltransferase type 1a P479L variant in Canadian Aboriginal populations. Mol.Genet. Metab. 2009; 96: 201–207.