

ПОХИЛЮК НАТАЛЬЯ ВЛАДИМИРОВНА

**ЭКОЛОГО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЭЛЕМЕНТНОГО
СТАТУСА ЭТНИЧЕСКИХ ГРУПП МАГАДАНСКОЙ ОБЛАСТИ**

1.5.15. Экология

1.5.5. Физиология человека и животных

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

кандидата биологических наук

Работа выполнена в Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы».

- Научный руководитель** **КИРИЧУК Анатолий Александрович,**
доктор биологических наук, доцент, директор департамента экологии человека и биоэлементологии Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы»
- Научный руководитель** **ГОРБАЧЕВ Анатолий Леонидович,**
доктор биологических наук, профессор кафедры педагогики и валеологии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Северо-Восточный государственный университет»
- Официальные оппоненты:** **КОРЧИНА Татьяна Яковлевна,**
доктор медицинских наук, профессор, профессор кафедры общей и факультетской хирургии БУ «Ханты-Мансийская государственная медицинская академия»
- СКАЛЬНЫЙ Анатолий Викторович,**
доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой Медицинской элементологии Медицинского института Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы»
- Ведущая организация:** Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаврова Уральского отделения Российской академии наук (ФГБУН ФИЦКИА УрО РАН)

Защита диссертации состоится «28» мая 2024 г. в 14 час. 00 мин. на заседании диссертационного совета ПДС 0800.002 при Российском университете дружбы народов им. Патриса Лумумбы по адресу: 115093, г. Москва, Подольское шоссе д.8/5, ком.1096.

С диссертацией можно ознакомиться на сайте <https://www.rudn.ru/science/dissovet> и в Учебно-научном информационном библиографическом центре Российского университета дружбы народов им. Патриса Лумумбы по адресу: 117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6.

Автореферат разослан «__» _____ 2024 года

Ученый секретарь
диссертационного совета ПДС 0800.002

Е. В. Аникина

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность. Природная среда северных регионов, определяющая экстремальные условия проживания населения, отличается крайне низким содержанием биогенных химических элементов (Алексеева и др., 1996; Жестяников, 2005; Кириллова и др., 2006; Горбачев, 2007; Бульбан, 2009; Луговая, Степанова, 2016; Корчин и др., 2018, 2021; Степанова, Луговая, 2023).

Дефицит или избыток в организме человека микроэлементов (биоэлементов), или их дисбаланс приводят к дисфункции гормонально-ферментных систем и развитию микроэлементозов – заболеваний биогеохимической природы (Авцын и др., 1983; Скальный, 1999; Сусликов, 1999; Бабенко, 2001; Сапожников, Голенков, 2001; Ермаков, 2013; Кожин, Владимирский, 2013; Чарушин и др., 2020).

Проблема элементозов в северных регионах значительно усиливается загрязнением окружающей среды. Современная биосфера севера характеризуется повышенным содержанием тяжелых металлов – кадмия, свинца, ртути, комплекс которых через пищевые цепи попадает в организм человека, оказывая негативное воздействие на основные функциональные системы человека (Корчина, Корчин, 2011; Горбачев, 2015; Дударев, Одланд, 2017; Воронцова, Воронцов, 2019; Dastoor et al., 2022).

Принято считать, что коренные малочисленные народы Севера (КМНС) – аборигены Севера являются адаптированными к природно-климатическому окружению. Однако с началом промышленного освоения северных территорий, здоровье аборигенных этносов стало подвержено негативному воздействию техногенных и социальных факторов. Разрушение традиционного образа жизни, усиленное загрязнением арктических территорий, нарушило структуру и качество питания аборигенных жителей (Козлов, 2008). Алиментарный фактор стал ведущей причиной авитаминозов и дисбаланса микроэлементов, следствием чего явилось ослабление природного иммунитета и развитие у северных популяций экологозависимых форм патологий (Никифорова и др., 2018; Карпин, 2021).

Медико-социальное состояние аборигенного населения является одной из тревожных проблем современного Севера России. Показатели заболеваемости коренных народов Севера являются высокими, и превышают таковые у пришлых жителей. Ввиду прогрессирующей смертности, высокого уровня ассимиляции, сложилась демографически тревожная ситуация, свидетельствующая о депопуляции северных народов (Хаснулин, 2001; Брачун, Сахибгоряев, 2009; Дударев, 2009; Манчук, Надточий, 2010; Надточий и др., 2015; Чашин и др., 2016; Талыкова и др., 2022).

Для исследования депопуляционных процессов в качестве маркера состояния функциональных систем человека и демографической стабильности популяции нами избран

элементный статус человека: содержание у жителей эссенциальных элементов (норма, дефицит, избыток), определяющих гомеостатические реакции организма и здоровье человека.

Ранее проведенные биогеохимические исследования северных регионов России и микроэлементной обеспеченности жителей (Алексеева и др., 1996; Колпакова, 1999; Куценогий и др., 2010; Горбачев и др. (2006-2023); Корчина, 2006, 2008, 2009; Корчина, Корчин, 2014; Борисова и др., 2007; Привалова, 2008; Зорина, Бацевич, 2011; Бахтина, 2011; Луговая, Максимов, 2011, 2012; Луговая, Степанова, 2015; Степанова, Луговая, 2019; Сивцева и др., 2019, 2023) явились основой для сравнительного изучения особенностей элементного статуса аборигенных и приезжих жителей Магаданской области, выявления потенциальных элементозов и выработки научно-практических рекомендаций по их коррекции и профилактике.

Степень разработанности темы исследования. Проблемой элементного статуса жителей определенных природно-климатических территорий, формированием эндемических элементозов и их влиянием на здоровье коренного населения, занимались многие отечественные ученые. К их числу следует отнести: А.П. Авцына и др.(1983), А.В. Скального (1999), В.Л. Сусликова (1999), Г.А. Бабенко (2001), С.П. Сапожникова, А.В. Голенкова, (2001), В.В. Ермакова (2013), А.А. Кожина, Б.М. Владимирского (2013), Е.А. Луговую, Е.М. Степанову (2016) и других исследователей. Однако экологические проблемы арктических территорий и физиологический статус аборигенных жителей, в силу научно-методических трудностей, остались за рамками научного изучения. За редким исключением научно-практические вопросы, посвященные изучению эколого-физиологических характеристик коренных малочисленных народов Севера, и влияния среды арктических территорий на депопуляционные процессы у малых этносов севера, являются практически не разработанными (И.А. Алексеева и др., 1996; Т.Я. Корчина, В.И. Корчин, 2018, 2021; Е.А. Луговая, Е.М. Степанова. 2015). Учитывая актуальность научной проблемы и ее научно-практическую значимость, перечисленные, недостаточно разработанные вопросы явились предметом диссертационного исследования.

Цель исследования – изучение эколого-физиологических характеристик элементного статуса различных этнодемографических групп Магаданской области и влияние дисбаланса элементов на здоровье жителей.

Задачи исследования

1. Определить и проанализировать содержание макро- и микроэлементов в волосах представителей этнодемографических групп (аборигенные жители, метисы, пришлые жители), проживающих на приморской территории Магаданской области.

2. Провести эколого-физиологический анализ элементного статуса аборигенов (коряки, эвены, чукчи, метисы) и пришлых жителей, и выявить их общие и отличительные черты.

3. Исследовать минеральный состав питьевой воды и основных продуктов питания жителей приморской территории (рыба, морепродукты) и определить их роль в формировании элементного статуса аборигенных и пришлых жителей.

4. Изучить потенциальные элементозы у аборигенов и пришлых жителей, и выработать научно-практические рекомендации по их коррекции и профилактике.

Научная новизна. Впервые проведен дифференцированный анализ обеспеченности химическими элементами (биоэлементами) различных этнодемографических групп (эвены, коряки, чукчи, метисы, пришлые жители), проживающих на приморской территории Магаданской области.

Выявлен общий знаменатель элементного статуса, характерный для всех жителей региона, обусловленный природно-экологическими факторами (очень мягкая ультрапресная питьевая вода, региональные продукты питания (рыба, морепродукты)). Впервые показаны этнодемографические различия элементного статуса, основой которого является время проживания на севере (адаптационный дефицит элементов), а также особенности питания (аборигены и пришлые жители).

Впервые выявлены межэтнические различия внутри аборигенных групп (эвены, коряки, чукчи), что объяснимо продолжительностью исторического времени проживания аборигенов на изучаемой территории, а также особенностями их традиционного питания (тундровые и береговые этносы).

Впервые показана более высокая степень адаптированности элементной системы у аборигенных жителей (коряки, чукчи) относительно пришлых жителей, что, вероятно, связано с большей продолжительностью проживания аборигенов на изучаемых территориях и их лучшей адаптацией к условиям природной среды.

Впервые определен дисбаланс определенных элементов (Ca, Mg, P, Co, Se, Cr), являющихся основой для формирования эндемических элементозов. Показано, что особенностью элементного статуса жителей является пониженное содержание комплекса эссенциальных элементов: кальция, магния, фосфора, кобальта, селена, частично хрома. Подобная «дефицитная» комбинация биоэлементов у жителей севера расценивается исследователями, как «северный тип» элементного статуса.

Положения, выносимые на защиту. Региональной особенностью питьевой воды на приморской территории Магаданской области является ее низкая минерализация: для питьевых целей население использует поверхностные источники воды, которые являются очень мягкими и ультрапресными.

Эколого-физиологической характеристикой элементного профиля аборигенного и пришлого населения приморской территории Магаданской области является низкое содержание

кальция, магния, фосфора, кобальта, селена, йода, частично железа и хрома. Подобный элементный статус предполагает формирование у жителей дефицита этих элементов, и развитие соответствующих нарушений минерального обмена – элементозов.

У аборигенных групп (эвены, коряки, чукчи, метисы), отмечены достоверно более высокие показатели кальция, магния и фосфора относительно пришлых жителей, что подтверждает данные литературы об адаптации аборигенов Севера к слабоминерализованной питьевой воде, и высокой минерализации скелета арктических популяций.

Ранее установленная зубная эндемия на территории Магаданской области (Горбачев и др., 2004), подтверждена низким содержанием йода у аборигенных и пришлых жителей. Существенный вклад в развитие йоддефицитных состояний у жителей вносит аборигенное население. Кроме йодного дефицита эндемию зоба могут усиливать зобогенные (антийодные) факторы, в качестве которых выступает дисбаланс определенных тиреотропных элементов (селен, кобальт, магний).

У представителей этнических групп отмечено пониженное содержание селена, что служит предиктором комплекса элементозов: иммунодефицитных состояний, канцерогенеза, кардиомиопатии. Учитывая определяющую роль селена в процессе синтеза йодированных гормонов, дефицит селена может нарушать функциональное состояние щитовидной железы (тиреоидная патология) и участвовать в формировании зубной эндемии.

Во всех группах населения выявлено пониженное содержание кобальта, популяционный уровень которого достигает 95 %. Следствием масштабного дефицита кобальта может быть нарушение эритропоэза и развитие В12-дефицитной анемии.

Для аборигенных жителей, в отличие от пришлого населения, характерно пониженное содержание хрома, что может являться риском нарушения обмена глюкозы и развития сахарного диабета II типа.

Избытка токсичных элементов – свинца, кадмия, ртути в питьевой воде, в социально значимых продуктах питания, а также в волосах жителей не выявлено.

Теоретическая и практическая значимость. Выявлены особенности элементного статуса различных этнических групп (аборигены, метисы, пришлые жители), которые для жителей приморской территории Магаданской области могут быть расценены в качестве региональной характеристики.

Избытка определенных элементов в исследуемых группах не выявлено. Отмеченные в исследовании элементозы связаны с дефицитом определенных элементных комплексов (Ca, Mg, Co, Se, P, Cr) или тенденцией к их понижению.

Гипоэлементозы отмечены во всех исследованных группах, но наиболее они выражены у пришлых жителей. Полученные теоретические данные представляют научную основу для

разработки практических рекомендаций по профилактике и коррекции заболеваний биогеохимической природы у коренных и пришлых жителей.

Методология исследования. Для исследования медико-социальной характеристики северных популяций нами предпринят сравнительный эколого-физиологический скрининг пришлых и аборигенных жителей Северо-Восток России. В качестве маркера состояния функциональных систем человека и демографической стабильности популяции избран элементный статус человека: вариации в организме жителей эссенциальных элементов (норма, дефицит, избыток), определяющих гомеостатические реакции и здоровье человека. Этот подход основан на данных литературы, свидетельствующих о причинно-следственных связях между основными демографическими показателями населения отдельных регионов и обеспеченностью жителей эссенциальными макро- и микроэлементами (Агаджанян и др., 2013).

В качестве субстрата для исследования элементного профиля жителей использованы волосы. Это обусловлено тем, что концентрация биоэлементов в жидких средах, в частности, в крови, характеризует кратковременные по экспозиции и значительные по степени отклонения изменения элементного статуса. Волосы, как твердые ткани, отражают биоэлементный статус, формирующийся в течение длительного времени: месяцы, годы (Скальный, 2004), и поэтому являются наиболее информативным субстратом для определения элементного профиля человека и диагностики нарушений минерального обмена. Многие исследователи отмечают корреляционную связь между элементным профилем внутренней среды организма и химическим составом волос (Сусликов, 2000; Скальный, 2004; Гресь и др., 2013).

Внедрение результатов исследования. Материалы, полученные в результате исследования, используются в учебном процессе в Северо-Восточном государственном университете: курс лекций по экологии, экологической физиологии, спецкурс по биоэлементологии. Все участники исследования, на основе полученных собственных результатов по содержанию биоэлементов, получили практические рекомендации по коррекции и профилактике выявленных отклонений в содержании макро и микроэлементов. Это касается коррекции питания и использования БАДов – адресных и комплексных минерало-витаминных комплексов.

Личный вклад автора в исследование. Соискателем проведено изучение российских и иностранных источников литературы по комплексной тематике: Север, биогеохимия, коренные жители Севера, элементный статус, элементозы. Автором сформулированы задачи исследования, проведен сбор материала для проведения элементного анализа, получены первичные данные по содержанию в волосах спектра элементов, составлена база данных, проделана статистическая обработка данных. На их основе проведен анализ и интерпретация полученных значений, изложены результаты исследования и сделаны выводы.

Степень достоверности и апробация результатов. Диссертационная работа базируется на представительной выборке материала, полученном в результате исследования более 500 человек. Спектральный анализ биологических субстратов исследованных и объектов окружающей среды (вода, продукты питания) проведен методами атомно-эмиссионной спектроскопии и масс-спектрометрии с индуктивно связанной аргоновой плазмой на современном лабораторном оборудовании (приборы Optima 2000 DV и NexION 300D (PerkinElmer, США) в лаборатории ООО «Микронутриенты» (Москва). Полученные данные подвергнуты статистической обработке с использованием программных пакетов Statistica 10.0 for Windows (Statsoft, Tulsa, USA) и Microsoft Excel (Microsoft Office 2016, Microsoft Corporation, USA).

Полученные результаты исследования доложены на научных конференциях и опубликованы в рецензируемых научных журналах. Материалы диссертационного исследования представлены на: XXI научной конференции аспирантов, соискателей и молодых исследователей «Идеи, гипотезы, поиск...», Магадан, 2014 г.; 4-м Съезде Российского общества медицинской элементологии (РОСМЭМ), 13–14 ноября, Ярославль, 2014 г.; XIX Международной научной конференции «Здоровье семьи – 21 век», 27 апреля - 04 мая 2015 г., XXII научной конференции аспирантов, соискателей и молодых исследователей СВГУ «Идеи, гипотезы, поиск...», Магадан, 2015 г.; Всероссийской научной конференции «Чтения памяти академика К.В. Симакова», Магадан, 24–25 ноября 2015 г.; Всероссийской научно-практической конференции «Агаджаньяновские чтения», Москва, 28–29 января 2016 г.; Всероссийской научной конференции «Чтения памяти академика К.В. Симакова», Магадан, 22–24 ноября 2017 г.; II Всероссийской научно-практической конференции «Агаджаньяновские чтения», Москва, 26–27 января 2018 г.; XXIV Региональной научной конференции аспирантов, соискателей и молодых исследователей «Идеи, гипотезы, поиск...», СВГУ, Красноярск, 2018 г.; Международной научной конференция «Биологические проблемы Севера», Магадан, 18–22 сентября 2018 г.; IV Международной научно-практической конференции «На перекрестке Севера и Востока» (методологии и практики регионального развития)» 17 ноября – 18 ноября 2022 г.

Публикации. По теме диссертационного исследования опубликовано 21 работа, из них за последние пять лет – 4 публикации в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных Перечнем ВАК РФ и РУДН.

Объем и структура диссертации. Диссертация состоит из введения, обзора литературы (465 источников), материалов и методов, результатов исследования и их обсуждения, заключения, выводов, списка сокращений и условных обозначений, списка использованной литературы. Основная часть исследования изложена на 179 стр., текст иллюстрирован 17 таблицами и 18 рисунками.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

В обзоре литературы рассмотрены вопросы: химического состава земной коры и гидросферы, обмена химических элементов между внешней средой и биосферой (живыми организмами), дана природно-климатическая и геохимическая характеристика Магаданской области. Рассмотрена этнодемографическая структура Магаданской области; показано проживание на территории области нескольких групп коренных малочисленных народов севера (эвены, коряки, чукчи и другие этносы).

Проанализированы современные варианты классификации химических элементов в организме человека. Рассмотрена физиологическая роль химических элементов, проанализировано понятие «элементный статус человека. Даны оценки обеспеченности организма микроэлементами, даны региональные (биогеохимические) особенности. Представлены теоретические основы геохимических провинций, элементозов (заболевания биогеохимической природы) и показаны методы их профилактики.

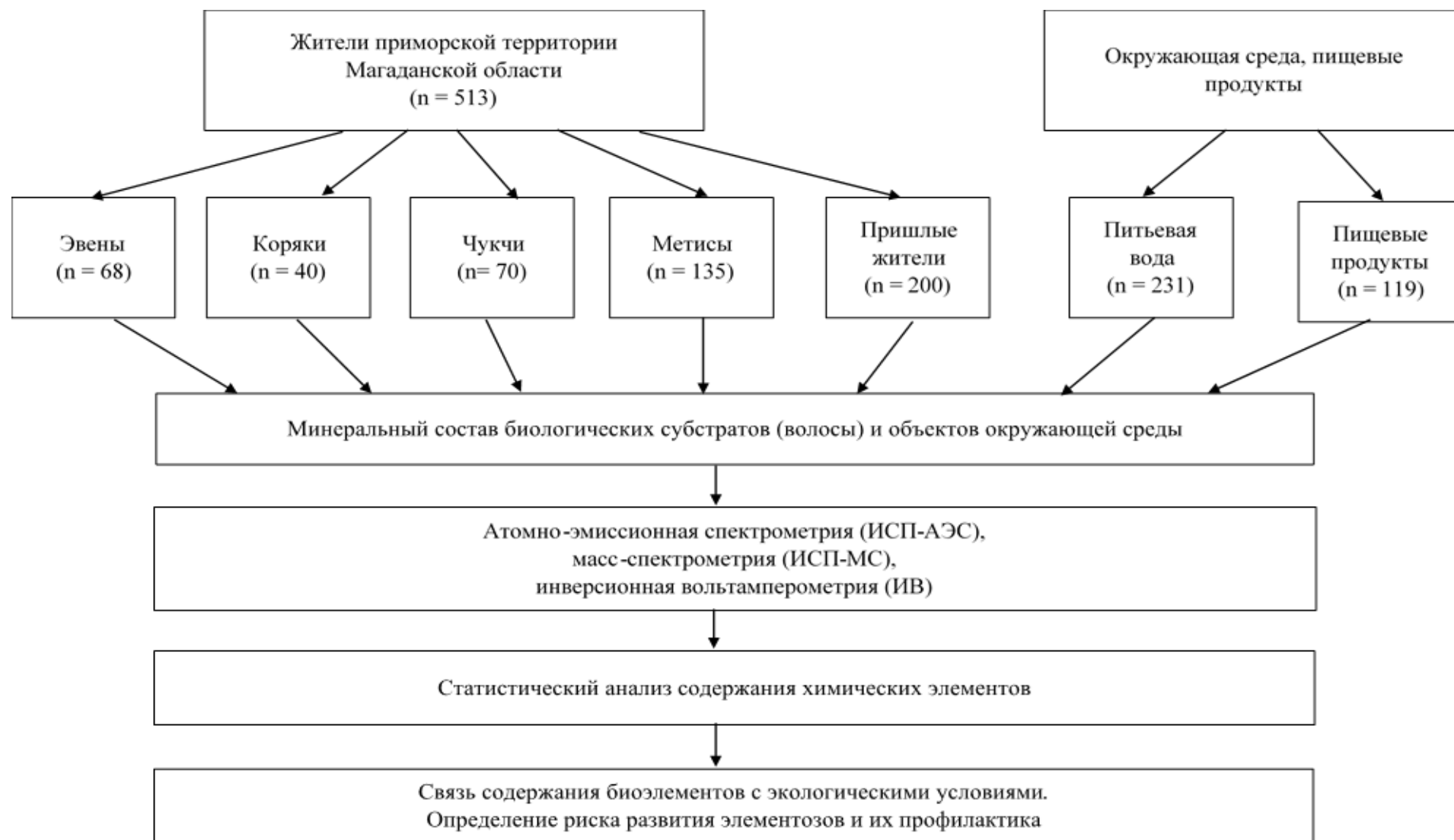
ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования проведены на приморской территории Магаданской области. Схема исследования (общая характеристика, объем и методы исследования) представлена в таблице 1. Объектом исследования явились представители этнодемографических групп (аборигены, метисы, пришлые жители), всего 513 человек в возрасте 18–35 лет ($23,6 \pm 6,2$ лет). Исследованы следующие этнические группы: эвены ($n=68$), коряки ($n=40$), чукчи ($n=70$), метисы – межэтнические браки, ассимиляция с пришлым населением ($n=135$), пришлые – приезжие жители, родившиеся и проживающие в Магаданской области ($n=200$).

Установление этнической принадлежности у аборигенных жителей проводили путем анкетного опроса исследуемых: изучены фамильные родословные по отцовской и материнской линии. Все исследуемые были проинформированы о предстоящем исследовании, и дали письменное согласие на участие в проведении исследования: анкетировании, заборе волос, их химическом анализе. Сбор материала проводили в весенне-летний период: с апреля по июнь.

Содержание в организме химических элементов и оценка элементного статуса жителей проведены на основании спектрального анализа волоса. Проб подготовку и анализ образцов

Таблица 1. Объекты, методы и структура исследования



волос проводили согласно рекомендациям МАГАТЭ и методическим указаниям (МУК 4.1.1482-03, МУК 4.1.1483-03).

Анализ проведен методами атомно-эмиссионной спектрометрии (АЭС-ИСП) и масс-спектрометрии с индуктивно связанной аргоновой плазмой (МС-ИСП) на приборах Optima 2000 DV и NexION 300D (PerkinElmer, США) в ООО «Микронутриенты» (Москва). Определено содержание в волосах 25 химических элементов: Ca (кальций), Mg (магний), P (фосфор), K (калий), Na (натрий), Fe (железо), Zn (цинк), Se (селен), I (йод), Cu (медь), Mn (марганец), Co (кобальт), Cr (хром), Si (кремний), Al (алюминий), Cd (кадмий), Pb (свинец), Hg (ртуть), As (мышьяк), Sn (олово), Li (литий), Ni (никель), V (ванадий), B (бор), Be (бериллий). Проанализировано содержание 18 элементов: Ca, Mg, P, K, Na, Fe, Zn, Cu, Mn, Co, Cr, Se, I, Si, Ni, Cd, Pb, Hg.

Проанализированы данные лабораторных исследований по санитарно-химическим показателям 231 пробы питьевой воды, проведенные на базе ИЛЦ ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Магаданской области». В санитарно-гигиенической лаборатории определены: жесткость общая в 87 пробах, сухой остаток в 40 пробах, содержание железа в 101 пробе, марганца в 54 пробах, меди, цинка, свинца, кадмия в 74 пробах.

Также проведен анализ элементного состава питьевой воды из централизованной сети (поверхностные воды), а также из природных источников в окрестностях г. Магадана (три родника). Период забора проб: лето (июнь) и зима (январь). Исследование проведено на базе лаборатории ООО «Микронутриенты» (г. Москва). Методами АЭС-ИСП и МС-ИСП в воде определено 25 химических элементов (Ca, Mg, P, K, Na, Fe, Co, Si, Mn, Cu, Pb, Cd, Hg, Zn, Se, I, Cr, Ni, Sn, Al, Li, As, V, B, Be).

Проанализированы данные лабораторных исследований по санитарно-химическим показателям 129 проб пищевых продуктов, проведенных на базе санитарно-гигиенической лаборатории ИЛЦ ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Магаданской области» в период с 2014 по 2016 гг. Исследованы морская рыба, икра лососевая, мясо краба, продукты из морских водорослей; во всех пробах определены концентрации свинца, кадмия, ртути.

Металлы определяли методом инверсионной вольтамперометрии на анализаторе вольтамперометрическом ТА-4, непламенным атомно-абсорбционным методом анализа микропроб на анализаторе ртути «Юлия-2М».

Статистическая обработка материала проведена с использованием программных пакетов Statistica 10.0 for Windows (Statsoft, Tulsa, USA) и Microsoft Excel (Microsoft Office 2016, Microsoft Corporation, USA).

Сравнительный анализ содержания эссенциальных элементов в волосах проведен относительно референтных величин (Скальный, 2003; Skalnaya et al., 2005; Momčilović et al.,

2014; Skalny et al., 2015; Momčilović, 2017), а токсичных элементов – относительно их биологически допустимых уровней (БДУ).

Оценка соответствия нормальному распределению количественных показателей содержания элементов проведена с использованием критерия Шапиро-Уилка. Рассчитаны ряд индексов: медиана (Me), значения квантильных интервалов (Q1, Q3), максимальное и минимальное значение. Для оценки значимости различий в группах сравнения применяли непараметрический критерий Манна-Уитни. Для анализа взаимосвязи абсолютных величин использовали непараметрический корреляционный метод Спирмена (r). При $p < 0,05$ различия считали статистически значимыми.

ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ данных по содержанию химических элементов в волосах жителей Магаданской области выявил эколого-физиологические особенности элементного статуса аборигенов, метисов, пришлых жителей, характерные для популяции приморской территории. В таблице 2 представлены данные о распространении дисбаланса биоэлементов среди аборигенных жителей изучаемой территории. Отмечено повышенное содержание в волосах фосфора, кремния, йода, калия, натрия, железа, цинка, меди.

Таблица 2. Распространение повышенного и пониженного содержания химических элементов в волосах общей группы аборигенов (%)

Повышенное содержание	P (52,9); Si (33,5); I (31,6); K (31,6); Na (30,3); Fe (23,2); Zn (23,2); Cu (20,0)
Пониженное содержание	Se (93,5); Co (89,7); Ca (65,8); I (61,9); Mg (46,5); Cr (40,0); Ni (36,1); Fe (31,0); Zn (23,2); Na (22,6); Cu (20,6)

Селен, кобальт, кальций, магний, хром у исследованных лиц находится ниже нормативных величин (Скальный, 2003). В то же время у части исследованных выявлено накопление йода, цинка, меди, железа, натрия; у другой части – низкое содержание этих же элементов. Изучение элементного статуса отдельных этно-демографических групп, относящихся к аборигенным жителям, необходимо для определения групп риска по элементозам.

На рисунке 1 представлены статистически достоверные межгрупповые отличия в содержании биоэлементов. Наибольшее число элементных отличий отмечено между пришлыми и аборигенными жителями. Между элементным профилем пришлых и аборигенных жителей выявлены существенные и достоверные различия. Так, пришлые жители и метисы достоверно отличаются по Ca, Mg, I, Co, Cr, Fe, Mn; пришлые жители и чукчи – по Ca, Mg, I, Cr, Se, Si; пришлые жители и коряки – по Ca, Mg, I, Cr, Se, Si; пришлые жители и эвены – по Ca, Mg, K, Cd, Pb.

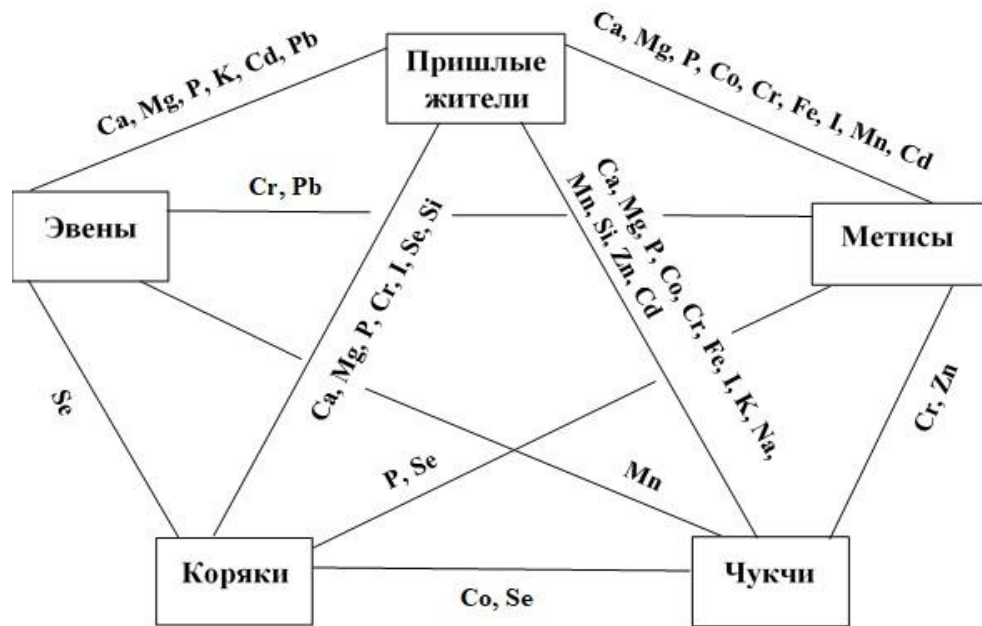


Рисунок 1. Достоверные межгрупповые отличия в содержании биоэлементов

Существенно меньше достоверных отличий выявлено внутри аборигенных групп. Эвены отличаются от коряков по одному элементу – Se. Единственным элементом, разделяющим эвенов и чукчей, является Mn. Следующие этнические пары различимы по двум элементам: эвены и метисы – по Cr, Pb, чукчи и метисы – Cr, Zn, коряки и метисы – Se, P, коряки и чукчи – Se, Co.

Обращает внимание, что коряки и чукчи достоверно отличаются от пришлых жителей по сходному набору элементов, что подчеркивает их общие этнические корни и историческую близость (Хаховская, 2011, 2023). Таким образом, коряки, чукчи, эвены и метисы имеют сходные черты элементного обмена и статистически достоверно отличаются по элементному статусу от пришлых жителей.

Исходя из количества корреляционных связей между биоэлементами и их силы, рассчитан показатель степени адаптированности элементной системы организма у аборигенных и пришлых жителей к факторам среды (Таблица 3).

Количественная оценка степени резистентности организма к воздействию неблагоприятных факторов окружающей среды проведена на основании расчета степени адаптированности системы микроэлементного гомеостаза с применением формулы:

$$A = n * \sum K_k / N$$

где A – степень адаптированности системы (усл. ед.), n – число корреляционных связей между биоэлементами, $\sum K_k$ – сумма коэффициентов корреляции без учета знака, N – число биоэлементов, объединенных в пары (Баевский и др., 2001).

Согласно полученным расчетам, минимальный показатель степени адаптированности отмечен в группе пришлых жителей ($A = 8,76$ усл. ед.). Далее расположены по возрастанию метисы ($A = 17,85$ усл. ед.), эвены ($A = 24,69$ усл. ед.), коряки ($A = 44,00$ усл. ед.). Наивысшая степень адаптации элементной системы определена в группе чукчей ($A = 82,38$ усл. ед.).

Таблица. 3. Степень адаптированности системы элементарного гомеостаза аборигенных и пришлых жителей*

Группа	Показатель	
	$\sum K_k$	A
Пришлые жители	7,3	8,76
Метисы	10,5	17,85
Эвены	14,4	24,69
Коряки	20	44,00
Чукчи	25,5	82,38

*Примечание: * – учтены коэффициенты корреляции ($r \geq 0,5$); $\sum K_k$ – сумма коэффициентов корреляции без учета знака; A – степень адаптированности в усл. ед.*

Полученные данные сопоставимы с историческим периодом проживания отдельных этносов на Северо-Востоке и их адаптацией к условиям среды. Высокие показатели адаптированности системы у аборигенных жителей, в особенности коряков и чукчей, очевидно, связаны с их продолжительным временем проживания на изучаемых территориях и приспособлением к окружающей среде.

В плане поддержания элементарного гомеостаза наименее адаптированными являются пришлые жители и метисы. Наиболее адаптированные – коряки и чукчи; промежуточный рейтинг адаптированности занимают эвены – наиболее молодая ветвь аборигенов Северо-Востока.

ЭКОЛОГО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОТДЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ И ИХ КОМПЛЕКСОВ

Кальций (Ca). В количественном отношении важнейшей функцией кальция является формирование костной ткани, где кальций находится преимущественно в форме фосфата, карбоната и органических солей. Обмен кальция тесно связан с обменом фосфора и витамином (гормоном) D. Соотношение в костях Ca и P относительно постоянно и составляет 2:1. Несмотря на доказанную эссенциальность кальция для формирования костей, симптомы его дефицита не определены (Оберлис и др., 2008).

Содержание кальция в волосах проиллюстрировано на рисунке 2. Во всех исследованных группах отмечено сниженное содержание кальция относительно референтного интервала – 494-

1619 мкг/г (Скальный, 2003). Полагаем, что экологической основой низкого содержания кальция является использование населением слабоминерализованной питьевой воды. По литературным данным, в северных регионах ультрапресные поверхностные воды и местные пищевые продукты не восполняют суточной нормы кальция (Виноградова и др., 2023).

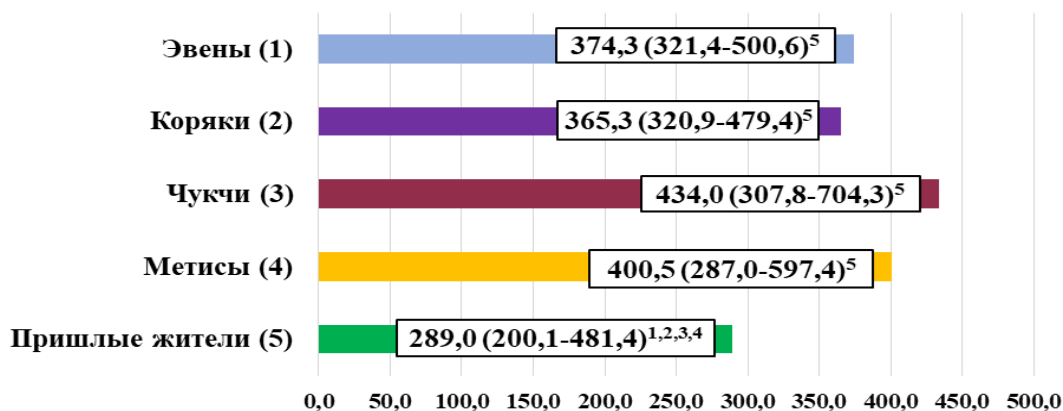


Рисунок 2. Содержание кальция в волосах аборигенов, метисов и пришлых жителей (мкг/г)

Примечание: данные представлены в виде медианы и соответствующих границ межквантильного (Q1–Q3) интервала; 1,2,3,4,5 – достоверность отличий от групп 1 (эвены), 2 (коряки), 3 (чукчи), 4 (метисы), 5 (пришлые жители) при $p < 0,05$

Магний (Mg). Магний, наряду с кальцием, натрием и калием, входит в первую четверку минералов в организме, а по содержанию внутри клетки занимает второе место после калия. Магний стабилизирует костную структуру и придает костям твердость (Гурциева, Неелова, 2014; Громова, Торшин, 2018; Погожева и др., 2022).

Магний является кофактором многих ферментов, участвует в передаче нервных импульсов, также принимает участие в обмене белка и нуклеиновых кислот. Он необходим для ритмичной работы сердца, регулирует митохондриальную выработку и перенос энергии, регулирует передачу сигнала в нервной и мышечной ткани, снижает артериальное давление.

На рисунке 3 показано, что у метисов и пришлых жителей определено снижение медианы магния относительно референтных величин. Содержание магния в группах аборигенных жителей и метисов находилось на сопоставимом уровне. Установлено достоверно более низкое содержание макроэлемента у приезжих жителей относительно эвенов, коряков, чукчей и метисов. Таким образом, приезжие жители наиболее подвержены дефициту магния и входят в группу риска развития гипоминерализации по указанному элементу.

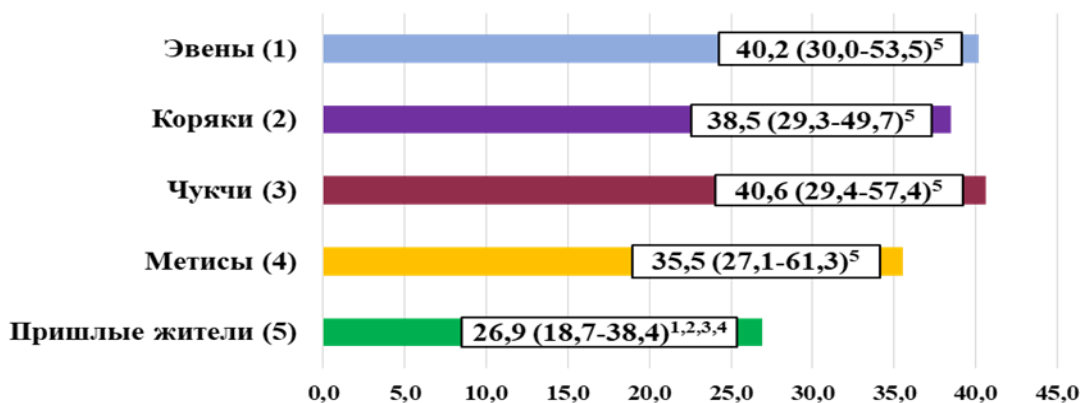


Рисунок 3. Содержание магния в волосах аборигенов, метисов и пришлых жителей (мкг/г)

Фосфор (P). Медианы фосфора во всех исследованных группах находились в пределах референтных величин (120–200 мкг/г). Содержание фосфора в группе пришлых жителей оказалось достоверно ниже относительно аборигенов и метисов. Этнических отличий в содержании элемента между коряками, эвенами, чукчами и метисами не отменено. Более высокое накопление фосфора в волосах аборигенных жителей может быть связано с традиционным питанием коренных народов севера (потребление рыбы и морепродуктов), и адаптацией организма аборигенов к низко минерализованной питьевой воде.

Низкое содержание кальция, магния и фосфора у пришлых жителей предполагают риск развития у них элементозов, ассоциированных со структурно-функциональным нарушением костной ткани (рахит, артрозы, остеопороз). На этом фоне более высокие концентрации кальция, магния и фосфора у аборигенных жителей подтверждает данные литературы об адаптации северных этносов к слабоминерализованной питьевой воде, и высокой минерализации скелета арктических популяций (Бужилова и др., 2013).

Железо (Fe). Литературные данные свидетельствуют о высокой распространенности латентных железодефицитных состояний среди жителей Севера (Андреичев, Балеева, 2009; Румянцев и др., 2015; Полякова и др., 2022).

Природная бедность Севера эссенциальными минералами усиливается акклиматизационным дефицитом некоторых жизненно важных элементов, прежде всего, железа, кальция и селена [Элементный статус..., 2014]. Показано, что у приезжих жителей по мере проживания на Севере отмечается снижение уровня некоторых эссенциальных элементов, в том числе – железа, что может приводить к функциональному истощению его резервов (Агаджанян и др., 1998; Горбачев и др., 2007).

По нашим данным, содержание железа в волосах у представителей всех исследованных этнических групп находилось в референтном интервале (Рисунок 4). Запредельно низких значений железа, свидетельствующих о его дефиците, не выявлено. В то же время на популяционном уровне низкие показатели железа отмечены у 30% аборигенов. У части аборигенов поддержание физиологического уровня железа объясняется традиционным питанием, богатым железом - мясо оленя, морзверя (Луговая, Максимов, 2007). В настоящее время у аборигенных жителей отмечено изменение пищевого рациона за счет включения «нетрадиционных» продуктов, что может приводить к изменениям их элементного статуса.

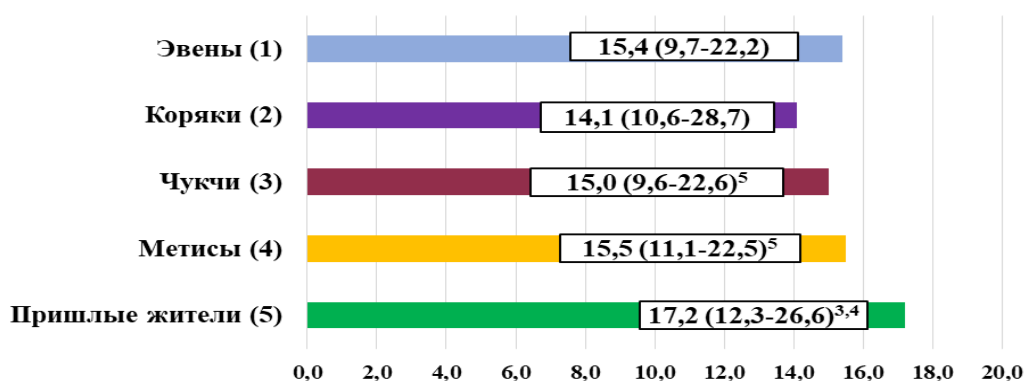


Рисунок 4. Содержание железа в волосах аборигенов, метисов и пришлых жителей (мкг/г)

Максимальные показатели железа, по нашим данным, отмечены у пришлых жителей, его медиана достоверно превышала показатели железа у метисов и чукчей. Таким образом, организм пришлых жителей отличается большим функциональным резервом железа, способствующим поддержанию уровня гемоглобина, кислородной емкости крови и защитных реакций иммунной системы.

Цинк (Zn). Цинк – жизненно необходимый микроэлемент, входит в состав более 300 ферментов, участвует во многих биохимических процессах: деления и дифференцировки клеток, нормального роста волос, ногтей, кожи; поддержания иммунитета, репродуктивной системы, заживления ран (Сальникова, 2016; Скальный и др., 2022). Цинк – это второй по встречаемости элемент в организме (после железа) и самый распространенный внутриклеточный элемент (Трошина, Сенюшкина, 2020).

По нашим данным (Рисунок 5), во всех группах (пришлые жители, метисы, эвены, коряки, чукчи) медиана цинка находилась в пределах референтных величин (155–206 мкг/г), что указывает на оптимальную обеспеченность жителей региона цинком.

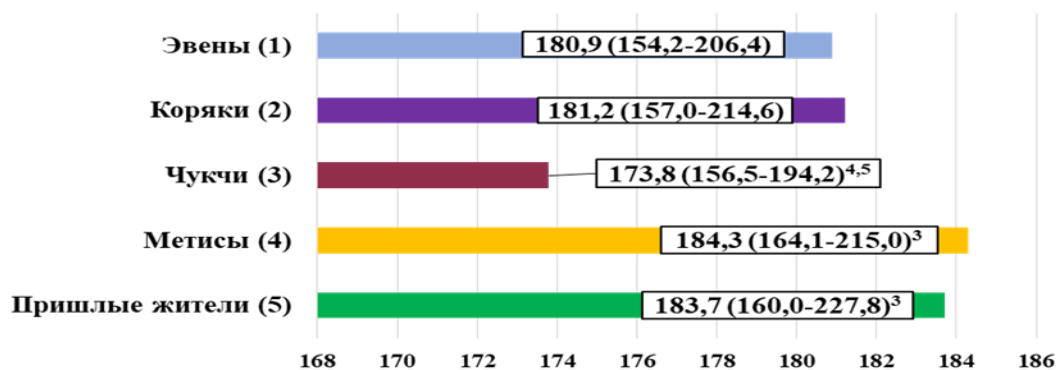


Рисунок 5. Содержание цинка в волосах аборигенов, метисов и пришлых жителей (мкг/г)

При этом в аборигенных группах содержание цинка в волосах сопоставимо: его абсолютные значения у чукчей, коряков и эвенов были ниже по сравнению с пришлыми жителями и метисами. В группе чукчей установлены минимальные значения цинка, его содержание (173,8 мг/г) достоверно ниже относительно пришлых жителей (183,7 мг/г) и метисов (184,3 мг/г). Следовательно, содержание цинка в волосах метисов и пришлых жителей выше по сравнению с аборигенными жителями. При этом минимальные показатели выявлены в группе чукчей, что может указывать на повышенную чувствительность чукотского этноса к инфекциям и риску развития иммунодефицитных состояний (Петров и др., 2006).

Медь (Cu). Медь – жизненно важный элемент, влияющий на активность витаминов, гормонов щитовидной железы, ферментов, дыхательных пигментов; участвует в тканевом дыхании, способствует усвоению железа (Оберлис и др., 2008; Скальная, Скальный, 2015.) Медианы меди у эвенов (10,5 мкг/г), коряков (10,1 мкг/г), чукчей (10,4 мкг/г), метисов (10,5 мкг/г) и пришлых жителей (10,4 мкг/г) соответствовали референтным величинам (9-14 мкг/г). Значения межквартильного интервала у эвенов (9–4 мкг/г), коряков (9,3–11,6 мкг/г), чукчей (8,9–11,7 мкг/г), метисов (9,3–12,1 мкг/г) находились в пределах референтного интервала.

Для приморской территории с эндемией зоба, адекватная обеспеченность медью жителей, может иметь принципиальное значение, т.к. медь относится к числу металлов, с «экопатогенными» свойствами по отношению к щитовидной железе (Абрамова и др., 2006). Между исследованными группами достоверных отличий в содержании меди в волосах не выявлено, что указывает на адекватную обеспеченность медью жителей изучаемой территории и низкий риск развития гипозементоза по меди. Полученные данные свидетельствуют, что медь в условиях магаданского приморского региона, по-видимому, не может нарушать биосинтез тиреоидных гормонов и быть инициатором зоба.

Кобальт (Co). Кобальт входит в состав молекулы цианокобаламина, активно участвует в ферментативных процессах и синтезе тиреоидных гормонов, при этом он угнетает обмен йода. Кобальт повышает усвоение железа и синтез гемоглобина, и является мощным стимулятором эритропоэза (Скальный, Рудаков, 2004).

По нашим данным, у всех жителей, независимо от этнодемографической принадлежности, отмечены низкие концентрации кобальта: медианы элемента у эвенов (0,010 мкг/г), коряков (0,008 мкг/г), чукчей (0,013 мкг/г), метисов (0,011 мкг/г), и у пришлых жителей (0,009 мкг/г) были ниже референтных величин (0,04-0,16 мкг/г). Причем популяционная распространенность дефицитных концентраций кобальта составила 93,8–94,8 %, что свидетельствует о дефиците кобальта в биосфере.

У пришлых жителей содержание кобальта было достоверно ниже относительно чукчей и метисов, а частота распространения низких концентрация кобальта у пришлых жителей была максимальной – 94,8 %. Относительно оптимальный статус кобальта отмечен у эвенов, где частота встречаемости дефицитных концентраций кобальта была минимальной относительно других групп, и составила 64,2 %.

Таким образом, у всех жителей региона выявлены низкие показатели кобальта, что может быть связано как с экологообусловленным дефицитом кобальта, так и с проблемами регионального питания и состоянием микробиоты (Оберлис и др., 2008). Популяционно выраженный дефицит кобальта является основой комплекса гипоэлементозов, приводящих к нарушению синтеза йодированных гормонов, нарушению всасывания железа, развитию В12-дефицитной анемии. Кроме этого низкое содержание кобальта в организме может приводить к ишемии миокарда, сердечной аритмии.

Хром (Cr). Ряд заболеваний (атеросклероз, диабет, ожирение, гипотиреоз и др.) развиваются при дефиците хрома, а дополнительное введение этого элемента снижает степень инсулинорезистентности (Аблаев, Батырбаева, 2015; Vajdi et al., 2024). Отмечена обратная связь между концентрацией глюкозы и уровнем хрома в жировой ткани, что согласуется с данными о гипогликемической роли хрома (Тиньков, 2022).

Известно, что трехвалентный хром входит в состав инсулин-активирующего фактора (хромомодулин), и поддерживает усвоение глюкозы (Vincent, 2006). Хронический дефицит хрома является причиной неусвоения глюкозы и развития сахарного диабета II типа (Anderson, 2000).

По нашим данным, значение медианы и межквартильного интервала хрома у пришлых жителей находились в пределах нормы. Сравнимые показатели хрома отмечены у эвенов: между ними и пришлыми жителями отличий не отмечено. Содержание хрома у метисов, коряков и чукчей было достоверно ниже относительно его показателя в группе пришлого населения.

Достоверных отличий в содержании хрома между аборигенными группами не выявлено. Среди аборигенов наиболее низкие показатели хрома наблюдались у коряков и метисов (Рисунок б): их медианы находились ниже референтных величин (0,32–0,96 мкг/г).

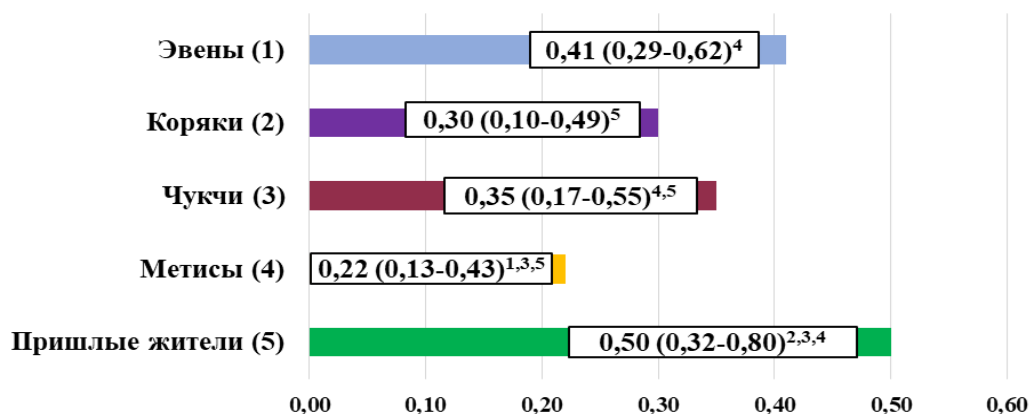


Рисунок 6. Содержание хрома в волосах аборигенов, метисов и пришлых жителей (мкг/г)

В процентном отношении пониженное содержание хрома отмечено у 22,6 % эвенов, 53,1 % коряков, 40,8 % чукчей, 63,7 % метисов, 23,2 % пришлых жителей. У пришлых жителей и эвенов отклонений в обеспеченности хромом не отмечено, что предполагает нормальный обмен углеводов. У аборигенных групп, в отличие от пришлых жителей, в разной степени выявлены дефицитные концентрации хрома. В группе риска находятся коряки и особенно метисы, где низкие показатели хрома могут быть предиктором сахарного диабета.

Дисэлементоз по хромуму и нарушения обмена сахара у коренных народов севера могут быть связаны с функциональным неувоением хрома, нарушением структуры питания и переходом аборигенов на западную диету с избыточным потреблением простых углеводов.

Селен (Se). Селен относят к группе элементов (Fe, Ca, Mg, I, Se, Zn, Cu), недостаток которых наиболее часто распространен среди жителей планеты (Трошина и др., 2018). Следует отметить, что проблема дефицита селена, как и йода, характерна для территорий, удаленных от Мирового океана.

В ходе статистического анализа, во всех исследованных группах жителей выявлен пониженный уровень селена: значения нижнего квартиля и медиана располагались ниже референтных величин (Рисунок 7).

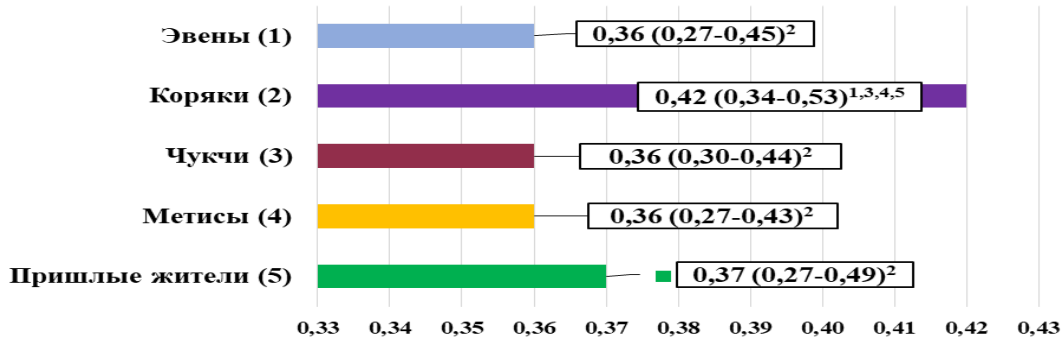


Рисунок 7. Содержание селена в волосах аборигенов, метисов и пришлых жителей (мкг/г)

Максимальные показатели селена (медиана – 0,42 мг/г) отмечены у коряков. У метисов, чукчей, эвенов и пришлых жителей обеспеченность селеном была достоверно ниже.

Исходя из многофункциональной роли селена, его дефицитные концентрации у аборигенов служат основой формирования комплекса гипоселенозов: иммунодефицитных состояний, кардиопатии, онкопатологии. Кроме того, селен – основной молекулярный синергист йода, необходимый для обеспечения ферментативных реакций тиреоидного синтеза (Бирюкова, 2017). Дефицит селена утяжеляет йодный дефицит, нарушает синтез йодированных гормонов, исходом чего является тиреоидная патология (гипотиреоз), на основе которой может формироваться зубная эндемия. Таким образом, дефицит селена, наряду с другими экологическими факторами (природные струмогены), у жителей приморского региона Магаданской области является одним из ведущих фактором эндемии зоба.

Йод (I). В настоящее время признано, что дефицит йода является естественным и всеобщим природным феноменом, а также одной из глобальных медико-социальных проблем современного мира, связанной с питанием населения. Недостаток йода, как структурного элемента тиреоидных гормонов, приводит к функциональному напряжению щитовидной железы, вызывая в организме человека комплекс патологических изменений, известных как йододефицитные заболевания (Дедов и др., 2012; Мельниченко и др., 2019).

В ходе исследования установлено, что медианы и нижние квантили йода во всех исследованных группах находились ниже референтных значений (0,565–0,739 мкг/г) (Рисунок 8).

Среди всех групп максимальное содержание йода отмечено у пришлых жителей (0,59 мг/г), оно достоверно превышало показатели у метисов (0,39 мг/г), чукчей (0,40 мг/г), коряков (0,32 мг/г). Среди аборигенов наибольший уровень йода отмечен у эвенов (0,49 мг/г), что сопоставимо с его содержанием у пришлых жителей.

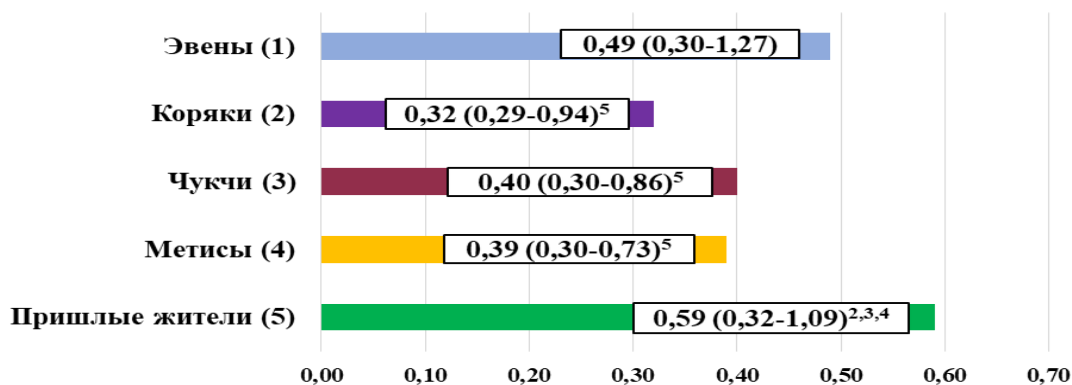


Рисунок 8. Содержание йода в волосах аборигенов, метисов и пришлых жителей (мкг/г)

Оптимальный уровень йода у пришлых жителей, и возможно у эвенов, предполагает нормальное функционирование щитовидной железы и поддержание основного обмена (энергообмен, теплопродукция), а также меньшую вероятность (относительно других групп) развития йодного гипозементоза. Таким образом, этническую структуру зубной эндемии на исследуемой приморской территории составляют в основном аборигенные группы, что предполагает проявление у северных этносов йоддефицитных состояний, и соответственно понижение их адаптивного потенциала. На этом основании, вопрос о содержании йода в организме, как индикаторе эндемии зоба, следует рассматривать не только в связи с биогеохимией региона, но и с учетом этнодемографических характеристик исследуемого контингента.

Кроме того, в виду активных социально-миграционных процессов и переселения жителей из континентальных территорий Магаданской области (йоддефицитная зона) в приморские регионы, повышение уровня зоба на приморской территории, может быть обусловлено миграцией населения.

Кремний (Si). Биологическая роль кремния заключается в остеогенезе, минерализации костной ткани, процессах роста и поддержании здорового состояния костной и всей соединительной ткани. Кремний способствует предупреждению атеросклероза и болезни Альцгеймера (Сусликов, 2011; Рахманин и др. 2017). Известна роль кремния в развитии краевой патологии – сахарного диабета, инфаркта миокарда (Сапожников, Голенков, 2001).

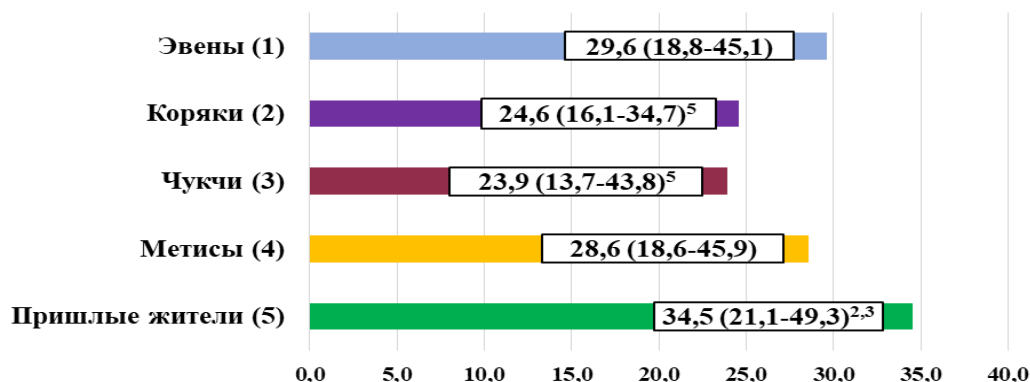


Рисунок 9. Содержание кремния в волосах аборигенов, метисов и пришлых жителей (мкг/г)

По нашим данным, содержание кремния в исследованных группах находилось в интервале нормативных показателей (Рисунок 9), что свидетельствует об оптимальной обеспеченности жителей кремнием. При этом у чукчей, коряков, эвенов, метисов медианы элемента сопоставимы, у пришлых жителей содержание кремния было достоверно ниже относительно коряков и чукчей.

Значительных отклонений кремния (накопление или дефицит) в исследованных группах не установлено, что указывает на отсутствие риска развития элементозов по кремнию.

Токсичные элементы. В научных изданиях отмечен значительный объем информации о глобальном переносе загрязнителей из средних широт в Арктику (Egeland et al., 2009). Современная биосфера северных территорий характеризуется повышенным содержанием тяжелых металлов – кадмия (Cd), свинца (Pb), ртути (Hg), «производимых» в умеренных широтах северного полушария (Дударев, 2009; Корчина, Корчин, 2011). Комплекс тяжелых металлов через пищевые цепи может попадать в организм человека и оказывать токсический эффект.

Полученные данные о содержании токсичных элементов в волосах представителей исследованных этнических групп приведены в таблице 4.

Таблица 4. Содержание Cd, Pb, Hg в волосах жителей (Me; Q1-Q3), мкг/г

Элемент	Аборигены			Метисы (n=135)	Пришлые жители (n=155)
	Эвены (n=53)	Коряки (n=32)	Чукчи (n=70)		
Cd	0,024; 0,009-0,035	0,013; 0,006-0,032	0,016; 0,008-0,044	0,016; 0,007-0,038	0,011; 0,005-0,024
Pb	0,35; 0,20-0,86	0,28; 0,11-0,68	0,26; 0,11-0,62	0,21; 0,11-0,49	0,22; 0,10-0,51
Hg	0,44; 0,26-0,70	0,46; 0,29-0,63	0,43; 0,28-0,94	0,41; 0,22-0,62	0,43; 0,17-0,74

Кадмий (Cd) относится к токсичным микроэлементам, и является одним из основных поллютантов окружающей среды. Несмотря на то, что кадмий обнаружен практически во всех

функциональных тканях, его физиологическая (эссенциальная) роль изучена недостаточно. Предполагается, что ионы Cd^{2+} , взаимодействуя с центрами Ca^{2+} -связывающих белков, могут в биологических системах играть роль ионов кальция (Бондарь, 1997).

Медиана содержания кадмия в волосах коряков, чукчей, эвенов и пришлых жителей не превышала биологически допустимый уровень (БДУ) – 0,25 мкг/г). Отмечено статистически значимое увеличение (в 2 раза) медианы кадмия у эвенов по сравнению с аналогичными показателями у коряков, чукчей и европеоидов. При этом в исследуемых группах не выявлены лица с превышением биологически допустимого уровня кадмия в волосах. Таким образом, можно предположить, что загрязнение окружающей среды кадмием на приморской части Магаданской области отсутствует.

Свинец (Pb). В городских популяциях основным источником свинца из окружающей ткани является этилированный бензин. Кроме этого, источниками свинца и ртути могут быть рыба и морепродукты; это показано на примере жителей рыбацких поселков Магаданской области (Горбачев, 2016).

Содержание свинца в волосах коряков, чукчей, эвенов находилась ниже биологически допустимого уровня (БДУ) – 5,0 мкг/г (Таблица 4). При этом у 1,9 % эвенов, 4,3 % чукчей, 3,0 % метисов и 2,6 % пришлых жителей отмечены концентрации свинца, превышающие БДУ, что может быть связано с локальным загрязнением (почва, вода, продукты питания). В общем, уровень свинца у большей части коряков, чукчей, эвенов, метисов и пришлых жителей не превышает БДУ, что предполагает отсутствие свинцового загрязнения на приморской территории Магаданской области.

Ртуть (Hg). По уровню воздействия на живой организм одним из наиболее токсичных металлов является ртуть, действующая как кумулятивный яд (Ким, Шпанько, 2009; Савченков, 2010). Физиологическая роль ртути не ясна, и ртуть дефицитные состояния для человека не установлены (Сусликов, 2000).

Уровень ртути в биологических средах человека, согласно литературным сведениям, однозначно не определен. Так, нормативное содержание ртути в волосах, согласно данным Центра биотической медицины (ЦБМ, Москва), соответствует значениям 0,5–1,0 мкг/г, биологически допустимый уровень – 5,0 мкг/г. По нашим данным, медиана ртути в волосах коряков, чукчей, эвенов, пришлых жителей не превышала 0,5 мкг/г.

Среди аборигенных жителей наибольший процент проб с содержанием ртути (Таблица 4) в диапазоне от 0,5 до 1,0 мкг/г отмечен у коряков и чукчей (40,6 и 20,0 % обследованных); у эвенов этот показатель составил 18,9 %, метисов – 23,0 %, пришлых жителей – 34,2 %. Встречаемость лиц с показателями ртути, превышающими 1,0 мкг/г, составила: у эвенов – 9,4 %, коряков – 9,4 %, чукчей – 21,4 %, метисов 10,4 %, пришлых жителей – 9,0 %.

При оценке накопления ртути в волосах эвенков, коряков, чукчей, метисов и пришлых жителей статистически достоверных межгрупповых отличий не установлено. Таким образом, избыточной аккумуляции ртути в волосах жителей приморской территории не отмечено, при этом нельзя исключить развитие гиперэлементозов ртути у отдельных лиц.

Химический состав питьевой воды. Источником питьевой воды в г. Магадане являются поверхностные воды (водохранилище). Проведенный химический анализ воды (ООО «Микронутриенты» (г. Москва), ИЛЦ ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Магаданской области») показал, что вода является слабоминерализованной (ультрапресной), очень мягкой. Значения основных показателей представлены в таблице (Таблица 5).

Таблица 5. Показатели питьевой воды из распределительной сети г. Магадана

Показатель	Период года	Количество проб с изучаемым показателем	Единицы измерения	Содержание		Удельный вес проб с превышением норматива, %
				Me	Min-Max	
Водородный показатель	весна	47	единицы рН	6,9	6,1–8,7	0
	осень	23		6,7	6,4–9,0	0
Общая жесткость	весна	87	°Ж	0,35	0,15–2,40	0
	осень	49		0,43	0,15–2,65	0
Сухой остаток	весна	40	мг/л	130,2	91,3–340	0
	осень	17		158,5	61,1–169,9	0
Марганец	весна	58		0,0072	0,0015–0,698	1,7
	осень	33		0,0035	0,0011–0,0080	0
Железо	весна	101		0,191	0,047–2,200	9,9
	осень	89		0,25	0,041–1,200	14,4
Цинк	весна	74		0,019	0,0034–0,067	0
	осень	44		0,0055	0,0023–0,0190	0
Медь	весна	74		0,0028	0,0011–0,0084	0
	осень	44		0,0020	0,0010–0,0060	0
Свинец	весна	74		0,0017	0,0010–0,0024	0
	осень	44		0,0014	0,0010–0,0040	0
Кадмий	весна	74		менее 0,0001	менее 0,0001	0
	осень	44		0,00013	0,0001–0,00030	0

Примечание: Me – медиана; Min – минимальное значение показателя; Max – максимальное значение показателя.

Содержание таких жизненно важных элементов, как Ca и Mg, являлось чрезвычайно низким (Таблица 6), концентрация железа ($0,27 \pm 0,005$ мг/л) была приближена к значению ПДК (0,3 мг/л).

Таблица 6. Оценка питьевой воды из распределительной сети г. Магадана

Элемент	Единицы измерения	Содержание		Нормативы физиологической полноценности питьевой воды *
		Me	Q1-Q3	
Ca	мг/л	4,52	2,95–5,30	25–130
Mg		0,83	0,75–1,16	5–65

Примечание: * - значение показателя в физиологически полноценной бутилированной воде (СанПиН 2.1.4.1116-02).

Полученные сведения указывают на физиологическую неполноценность питьевой воды, обусловленную дефицитными концентрациями основных эссенциальных элементов, и прежде всего, кальция и магния.

Содержание токсичных элементов в пищевых продуктах. Концентрации свинца, кадмия, ртути в исследованных 129 пробах региональных пищевых продуктах (морские и речные виды рыб, морепродукты, включая морские водоросли) оказалась значительно ниже ПДК. Полученные значения свидетельствуют об отсутствии загрязнения указанными токсичными элементами морской акватории (Охотское море) и окружающей среды приморского региона Магаданской области.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследования показали, что приморский регион Магаданской области является биогеохимической провинцией с комплексным дефицитом у жителей кальция, магния, фосфора, йода, селена, кобальта, железа. Указанные особенности региональной биогеохимии обусловлены использованием населением поверхностных источников питьевой воды. Слабоминерализованная вода является основным, постоянно действующим экологическим фактором, приводящим к формированию у жителей дефицита определенных элементов, нарушению минерального обмена (физиологического гомеостаза) и развитию эндемических элементозов.

Выявленные физиологические особенности элементного статуса исследованных этнических групп (аборигены, метисы, пришлые жители), характерны для всей популяции приморской территории, они обусловлены воздействием на популяцию общих экологических факторов и могут быть расценены как региональная норма. При этом у аборигенных жителей, в особенности коряков и чукчей, отмечены высокие показатели степени адаптированности элементной системы, что, вероятно, связано с исторической продолжительностью проживания на изучаемых территориях и адаптацией аборигенов к условиям среды.

Характерной особенностью минерального обеспечения жителей является пониженный статус многих эссенциальных элементов: кальция, магния, кобальта, селена, железа, частично хрома (Рисунок 10). Подобную «дефицитную» комбинацию элементов относят к «северному типу» элементного статуса (Луговая, Степанова, 2019).

Как следует из рисунка 10, в аборигенных группах минимальные нарушения элементного статуса характерны для эвенов; их представляют кальций, магний, кобальт, селен, йод и железо. Эти «дефицитные» элементы являются общим знаменателем для всех этнических групп, кроме пришлых жителей.

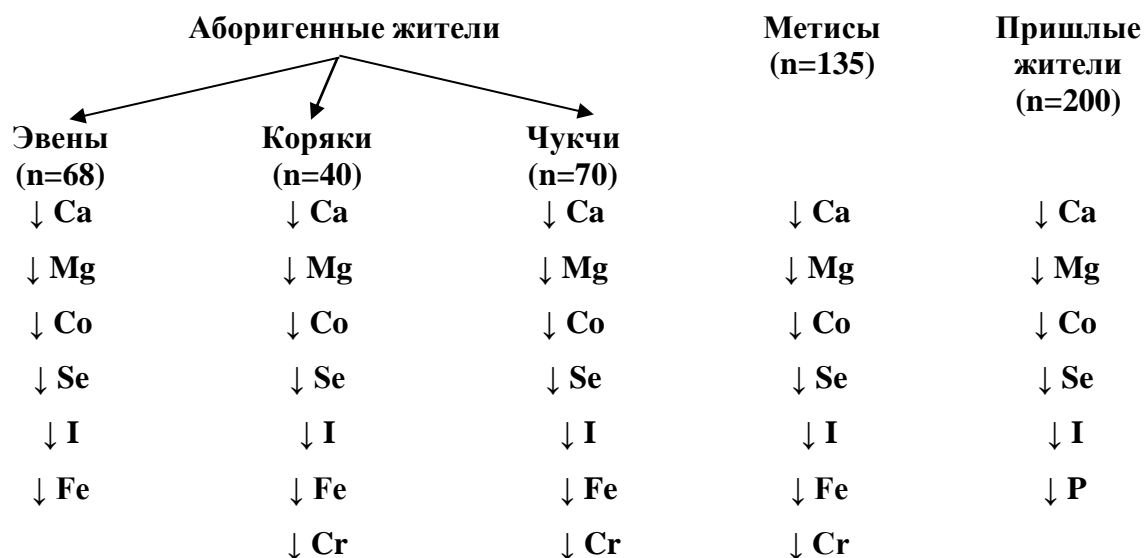


Рисунок 10. Дифференцированная характеристика элементных отклонений в разных группах этносов

Максимальные нарушения (пониженные концентрации) характерны для коряков, чукчей, метисов и пришлых жителей. Они касаются кальция, магния, кобальта, селена, хрома, магния, фосфора, йода, железа. Общим знаменателем для всех групп является низкое содержание кальция, магния, кобальта, селена, йода. Кроме указанных «дефицитных» элементов у коряков, чукчей и метисов отмечено пониженное содержание хрома, а у пришлых жителей – пониженные показатели фосфора.

Недостаток указанных элементов предполагает развитие у аборигенных и пришлых жителей приморской территории Магаданской области специфических нарушений минерального обмена (элементозов).

Популяция эвенов, по элементному профилю, отличается от других аборигенных этносов, и близка к пришлым жителям, что объяснимо этногенезом жителей Северо-Востока России. Коренными, истинно аборигенными жителями территории являются палеоазиаты (коряки, чукчи), которые длительное историческое время проживают на территории Северо-Востока.

Эвены поселились на исследованной территории в сравнительно недавнем прошлом, что в плане адаптации к биогеохимической среде роднит их с современным пришлым населением. Метисы по основным показателям элементного статуса близки к корякам и чукчам – наиболее многочисленной группе аборигенов, вклад которых в метисацию населения максимальный.

Выводы исследователей – антропологов, социологов, медиков о нарастании процессов депопуляции у коренных народов севера являются дискуссионными и требуют научного переосмысления. Нами показано, что статус многих эссенциальных элементов у аборигенных групп является более «выигрышным» относительно пришлого населения. Это касается, прежде всего, кальция, магния, фосфора, и свидетельствует об адаптации коренных жителей к использованию слабоминерализованной воды, а также о неполной адаптации или дизадаптации пришлых жителей к биогеохимическому окружению. Недостаток основных остеотропных элементов (кальций, фосфор) в организме пришлых жителей может нарушать минеральный обмен в костной ткани, и приводить к развитию патологических процессов (артрозы, остеопороз и др. формы).

Единственным исключением из оптимального элементного статуса аборигенов является низкий уровень хрома и железа у аборигенных жителей, включая метисов. Содержание хрома у метисов, коряков и чукчей было достоверно ниже относительно показателя в группе пришлого населения. Следовательно, у аборигенных групп может проявляться специфический гипозлементоз по хрому, запускающий развитие сахарного диабета II типа. Дефицит хрома и нарушения обмена сахара у коренных малочисленных народов севера могут быть связаны с генетически обусловленным не усвоением хрома, а также переходом аборигенов на западную диету с избыточным потреблением простых углеводов. Более низкие показатели железа у аборигенных жителей подтверждают данные литературы о распространении железодефицитных состояний среди аборигенов Северо-Востока России (Журавская и др., 2002).

Особенности питания населения и химический состав продуктов оказывают прямое и определяющее влияние на элементный состав организма. Показано, что питание населения должно быть разнообразным, полноценным, сбалансированным, соответствовать природно-климатическим условиям проживания и учитывать национальные традиции (Чащин и др., 2016, Марасанов, 2022).

Диета жителей северных территорий должна компенсировать повышенные энергетические затраты. Известно, что арктические рационы всегда отличались высокой калорийностью, в несколько раз превышающей общепринятую [Рекомендации Проектного офиса..., 2018]. В рационе северян должно быть достаточное количество жиров, которые являются важным фактором сохранения белка, источником биологически активных веществ, включая ненасыщенные жирные кислоты, витаминно-минеральные комплексы, необходимые

для процессов жизнедеятельности (Козлов и др., 2008; Марасанов, 2022). На этом основании определяющая роль питания в поддержании биоэлементного статуса позволяет проводить сравнительный анализ питания аборигенных и пришлых групп населения, и являться основой для коррекции и профилактики эндемических элементозов.

К факторам влияния на содержание в тканях макро- и микроэлементов относится и питьевая вода. Как известно, вода способствует активизации естественных саморегуляционных и защитных возможностей организма. Для поддержания биохимического гомеостаза и здоровья населения необходима качественная, физиологически полноценная питьевая вода, содержащая комплекс биологически активных минералов.

Слабоминерализованная питьевая вода является важнейшим экологическим фактором, оказывающим непосредственное влияние на минеральный обмен населения исследуемой приморской территории. Потребление такой воды может приводить к развитию элементозов (кальций, магний, фосфор, селен, кобальт).

В то же время избытка токсичных элементов – свинца, кадмия, ртути в биосфере, в питьевой воде, в основных, социально значимых продуктах питания, а также в волосах жителей не выявлено. В плане загрязнения токсичными элементами, приморскую часть Магаданской области можно считать относительно благоприятной экологической территорией.

ВЫВОДЫ

1. В волосах аборигенов, метисов и пришлых жителей, проживающих на приморской территории Магаданской области, определены и проанализированы 18 макро- и микроэлементов. Во всех исследованных этнических группах отмечено пониженное содержание Ca, Mg, Co, Se, Cr, I. Указанная элементная особенность характерна для большинства жителей (50 % и более), и является основой для формирования эндемических элементозов (артрозы, остеопороз, сердечно-сосудистые заболевания, иммунодефицитные состояния, эндокринные нарушения).

2. Низкое содержание кальция, магния и фосфора в волосах пришлых жителей (76,8 %, 76,1 % и 22,6 % соответственно) связано с использованием поверхностных источников слабоминерализованной питьевой воды. При этом у аборигенных групп, включая метисов, отмечены достоверно более высокие показатели кальция, магния и фосфора относительно пришлых жителей, что подтверждает данные литературы об адаптации аборигенов Севера к ультрапресной питьевой воде, и высокой минерализации скелета арктических популяций.

3. В волосах коряков, чукчей и метисов отмечено сниженное содержание хрома, которое было достоверно ниже его показателей у эвенов и пришлых жителей. Пониженное содержание в

организме хрома предполагает нарушение толерантности к глюкозе и является риском развития сахарного диабета (СД II) в популяции северных этносов (коряки, чукчи, метисы).

4. Содержание железа в волосах пришлых жителей (медиана 17,2 мкг/г) оказалось достоверно выше относительно аборигенов. Соответственно этому, на популяционном уровне низкие показатели железа отмечены у 30% аборигенных жителей, что подтверждает данные литературы о распространении железодефицитных состояний среди аборигенов Северо-Востока России.

5. Согласно ранее проведенным исследованиям, Магаданская область является зобноэндемичным регионом. По нашим данным, максимальные частоты распространения низких значений йода (ниже 0,565 мкг/г) отмечены у коряков (62,5 %), чукчей (64,8 %) и метисов (72,6 %). Следовательно, определяющий вклад в развитие йоддефицитных состояний у жителей региона и эндемии зоба на исследуемой территории вносит аборигенное население.

6. С целью профилактики эндемических элементозов необходим периодический контроль обеспеченности населения биоэлементами, а также санитарно-просветительская работа по коррекции питания и использованию адресных элементов и общих витаминно-минеральных комплексов.

Список работ, опубликованных по теме диссертации за последние 5 лет:

1. Похилюк, Н.В. Этнические аспекты содержания токсичных элементов у жителей Северо-Востока России / Н.В. Похилюк, А.Л. Горбачев // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. – 2022. – Т. 30. № 1. – С. 58–66 (**Перечень ВАК РФ, Перечень РУДН**).

2. Похилюк, Н.В. Особенности развития эндемии зоба у жителей приморских районов Магаданской области / Н.В. Похилюк, А.Л. Горбачев, А.А. Киричук // Современная наука (Серия Естественные и технические науки). – 2023. – № 5. – С. 158-162 (**Перечень ВАК РФ, Перечень РУДН**).

3. Горбачев, А.Л. Особенности взаимосвязи элементного состава иммунных реакций у представителей этнодемографических групп Северо-Востока России / А.Л. Горбачев, А.А. Киричук, Н.В. Похилюк // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. – 2023. – Т. 31. № 1. – С.55–69 (**Перечень ВАК РФ, Перечень РУДН**).

4. Похилюк, Н.В. Особенности содержания химических элементов в питьевой воде г. Магадана и их влияние на здоровье населения / Н.В. Похилюк, А.Л. Горбачев, А.А. Киричук // Современная наука (Серия Естественные и технические науки). – 2023. – № 9/2. С. 31-36 (**Перечень ВАК РФ, Перечень РУДН**).

Материалы конференций

Похилюк, Н.В. Система микроэлементов и здоровье различных этнодемографических групп Азиатского Севера / Н.В. Похилюк, А.Л. Горбачев // На перекрестке Севера и Востока (методологии и практики регионального развития): Материалы IV Международной научно-практической конференции (17 ноября – 18 ноября 2022 г., г. Магадан) [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые данные. – Красноярск: Научно-инновационный центр, 2022. – С. 389-395.

Научные труды, опубликованные ранее пятилетнего периода

1. Похилюк, Н.В. Межэтнические особенности элементного статуса коренных малочисленных народов Севера / Н.В. Похилюк, А.Л. Горбачев // Микроэлементы в медицине. – 2016. – № 17 (1). – С. 19-23.

2. Похилюк, Н.В. Альтернативные статистические подходы в определении элементного статуса человека / Н.В. Похилюк // Микроэлементы в медицине. – 2017. – № 18 (3). – С. 20-24.

3. Pokhilyuk, N.V. Evaluation of elements' accumulation in the North indigenous ethnic groups' hair / N.V. Pokhilyuk // Trace elements in Medicine and Biology. – 2017. – V. 41S1. – P. E-039.

4. Похилюк, Н.В. Содержание некоторых химических элементов у жителей различных этно-демографических групп Магаданской области / Н.В. Похилюк // Самарский научный вестник. – 2014. – № 4 (9). – С. 101-103.

5. Похилюк, Н.В. Содержание микроэлементов у жителей различных этнических групп Магаданской области / Н.В. Похилюк // Самарский научный вестник. – 2015. – № 4 (13). – С. 116-121.

6. Горбачев, А.Л. Биоэлементный статус аборигенных и приезжих жителей Магаданской области / А.Л. Горбачев, Н.В. Похилюк // Вестник Северо-Восточного государственного университета. – 2015. – № 23. – С. 51-53.

7. Горбачев, А.Л. Элементный статус аборигенных этносов Северо-Востока России / А.Л. Горбачев, Н.В. Похилюк // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2016. – № 5. – С. 51-56.

8. Похилюк, Н.В. Аккумуляция тяжелых металлов в съедобных грибах Магаданской области / Н.В. Похилюк // Сборник материалов 4-го Съезда Российского общества медицинской элементологии (РОСМЭМ), 13-14 ноября, Ярославль. – 2014. – С. 49-51.

9. Похилюк, Н.В. Содержание биоэлементов в волосах аборигенного и приезжего населения Магаданской области / Н.В. Похилюк // Здоровье семьи – 21 век: материалы XIX международной научной конференции, 27 апреля – 04 мая 2015 г., г. Сочи, Россия. – 2015. – С. 305-309.

10. Похилюк, Н.В. Содержание некоторых тяжелых металлов в организме аборигенных жителей Магаданской области / Н.В. Похилюк // Идеи, гипотезы, поиск...: [сб. ст. по материалам XXII науч. конф. аспирантов, соискателей и молодых исследователей СВГУ] / Сев.-Вост. гос. ун-т. – Магадан. – 2015. – Вып.22. – С. 104-105.
11. Горбачев, А.Л. Этнические особенности минерального обмена у жителей Северо-Востока России / А.Л. Горбачев, Н.В. Похилюк, С.Н. Плеханов // Чтения памяти академика К.В. Симакова: Материалы докладов Всероссийской научной конференции (Магадан, 24-25 ноября 2015 г.); [отв. ред. Н.А. Горячев]. - Магадан: ООО "Типография". – 2015. – С. 190-193.
12. Похилюк, Н.В. Элементный статус аборигенных жителей Северо-Востока России / Н.В. Похилюк // Агаджаньяновские чтения: материалы Всероссийской научно-практической конференции. Москва, 28–29 января 2016 г. РУДН. – 2016. – С. 108-110.
13. Горбачев, А.Л. Дифференцированный анализ микроэлементного профиля у аборигенных этносов Северо-Востока России / А.Л. Горбачев, Н.В. Похилюк // Чтения памяти академика К.В. Симакова: Материалы докладов Всерос. научн. конф. (Магадан, 22–24 ноября 2017 г.): СВКНИИ ДВО РАН. – Магадан: ИП Жарикова Т.В. – 2017. – С.224-226.
14. Похилюк, Н.В. Анализ содержания кальция, магния и фосфора у аборигенных этносов Северо-Востока России / Н.В. Похилюк // Агаджаньяновские чтения: материалы II Всероссийской научно-практической конференции. Москва, 26–27 января 2018 г. РУДН. – 2018. – С. 204-205.
15. Похилюк, Н.В. Анализ обеспеченности макро- и микроэлементами жителей различных этно-демографических групп Магаданской области / Н.В. Похилюк // Идеи, гипотезы, поиск...: [сб. ст. по материалам XXIV регион. науч. конф. аспирантов, соискателей и молодых исследователей] / Сев.-Вост. гос. ун-т; [отв. ред. Е.С. Шерстнева]. – Красноярск: Научно-инновационный центр. 2018. – С. 165-170.
16. Похилюк, Н.В. Этнодемографические особенности биоэлементного статуса жителей г. Магадана / Н.В. Похилюк, А.Л. Горбачев // Международная научная конференция «Биологические проблемы Севера». Магадан, Российская Федерация. 18–22 сентября. Магадан. – 2018. – С. 217-220.

Похилюк Наталья Владимировна**Эколого-физиологическая характеристика элементного статуса этнических групп
Магаданской области**

Проведено изучение эколого-физиологических особенностей элементного статуса у аборигенов (коряки, эвены, чукчи, метисы) и у пришлых жителей приморской территории Магаданской области. Отмечено пониженное содержание Ca, Mg, P, Co, Se, I, отражающее экологическую характеристику территории. Пришлых жителей и аборигенных групп разделяет единый элементный комплекс, дефицит которого более выражен у пришлых.

Кроме элементного статуса жителей исследован минеральный состав питьевой воды и продуктов питания (рыба, морепродукты). Избытка токсичных элементов (Cd, Pb, Hg) в продуктах питания не выявлено. Отмечено определяющее влияние слабоминерализованной питьевой воды на элементный статус жителей.

Исследуемый регион является биогеохимической провинцией с комплексным дефицитом у жителей эссенциальных элементов, дисбаланс которых является основой для формирования эндемических элементозов (остеопороз, артрозы, артериальная гипертензия, иммунодефицитные состояния, патология щитовидной железы). На основании полученных результатов исследованному контингенту даны научно-практические рекомендации по коррекции и профилактике возможных элементозов.

Pokhilyuk Natalia Vladimirovna**Ecophysiological characterization of the elemental status of ethnic groups in the Magadan
Region**

A study was conducted on the ecophysiological characteristics of the elemental status among indigenous peoples (Koryaks, Evens, Chukchi, Métis) and among immigrants in the coastal areas of the Magadan Region. A decreased content of Ca, Mg, P, Co, Se, I was noted, reflecting the ecological characteristics of the territory. Immigrants and indigenous groups share a common elemental complex, the deficit of which is more pronounced among immigrants.

In addition to the elemental status of residents, the mineral composition of drinking water and basic food products (fish, seafood) was studied. No excess of toxic elements (Cd, Pb, Hg) in food products was found. The determining influence of low-mineralized drinking water on the elemental status of residents was noted.

The studied region is a biogeochemical province with a complex deficit of essential elements among residents, the imbalance of which is the basis for the formation of endemic elementoses (osteoporosis, arthrosis, arterial hypertension, immunodeficient states, thyroid pathology). Based on the obtained results, scientific and practical recommendations for the correction and prevention of possible elementoses were provided to representatives of the studied population.