

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы»

На правах рукописи

ПОХИЛЮК НАТАЛЬЯ ВЛАДИМИРОВНА

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

1.5.15. Экология

1.5.5. Физиология человека и животных

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Научный руководитель:

доктор биологических наук

Киричук Анатолий Александрович

Научный руководитель:

доктор биологических наук

Горбачев Анатолий Леонидович

Москва – 2024

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ.....	3
ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ	11
1.1. Природно-климатическая характеристика Магаданской области.....	11
1.2. Этнодемографическая характеристика (структура) Магаданской области..	17
1.3. Элементный состав живых организмов и окружающей среды.....	19
1.4. Классификация и роль химических элементов.....	23
1.5. Элементный статус и межэлементные взаимодействия	27
1.6. Важнейшие представители биоэлементов.....	31
1.7. Микроэлементозы – экологообусловленные заболевания биогеохимической природы.....	47
ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ	52
ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ.....	58
3.1. Общая характеристика элементного статуса	58
3.2. Степень адаптированности элементной системы организма у аборигенных и пришлых жителей	63
3.3. Особенности содержания биоэлементов в зависимости от пола.....	69
3.4. Эколого-физиологическая характеристика исследованных элементов	72
3.5. Коэффициенты соотношений некоторых элементов у исследованных жителей.....	98
3.6. Предрасположенность жителей Магаданской области к развитию элементозов.....	106
3.7. Химический состав питьевой воды.....	112
3.8. Содержание свинца, кадмия, ртути в пищевых продуктах	117
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	120
РЕКОМЕНДАЦИИ.....	125
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ.....	126
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	127

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность. На территории России проживают 40 групп коренных малочисленных народов. Эти народы составляют самостоятельные этнические сообщества (Суляндзига и др., 2003). Современные северные народы имеют неодинаковые этнические корни и в течение разного исторического времени проживают на территориях традиционного расселения. Согласно гипотезе этногенеза, коренные народы севера представляют собой неоднородную популяцию по своей этнокультурной идентичности и морфофункциональному адаптивному статусу. Указанное положение базируется на сведениях об этнических различиях физиологических параметров человека в целом (Агаджанян и др., 2013), а также минерального обмена в частности (Алексеева, 1996).

Природные условия северных территорий характеризуются низким уровнем биогенных химических элементов, вследствие бедности по составу подзолистой почвы и слабой минерализации питьевой воды (Алексеева и др., 1996; Ермаков, 1999; Горбачев, 2006, 2021). Дефицит или избыток в организме химических элементов, а также их дисбаланс способствуют развитию дисфункции гормонально-ферментных систем и формированию элементозов – заболеваний биогеохимической природы (Авцын и др., 1983; Скальный, 1999; Сусликов, 1999; Бабенко, 2001; Ермаков, 2013; Кожин, Владимирский, 2013; Чарушин и др., 2020). Подобные нарушения являются основой экологозависимых заболеваний: анемии, гипертонической болезни, иммунодефицитных состояний, патологии щитовидной железы и др. (Оберлис и др., 2008).

Проблема эндемических элементозов значительно усиливается загрязнением окружающей среды северных регионов. Исследователи отмечают повышенное накопление тяжелых металлов – кадмия, свинца, ртути в биосфере севера. Пищевые цепи служат одним из путей передачи комплекса токсичных элементов в организм человека, которые способны негативно влиять на здоровье жителей (Корчина, Корчин, 2011; Дударев, Одланд, 2017; Воронцова, Воронцов, 2019; Sobolev et. al., 2019. Dastoor et al., 2022).

Особо уязвимой в отношении техногенного воздействия оказалась популяция аборигенных жителей. Принято считать, что организм аборигенов Севера является адаптированным к природно-климатическому окружению. Однако с началом промышленных разработок территорий севера, состояние здоровья проживающих на них аборигенных этносов стало подвержено негативному воздействию техногенных и социальных факторов. Кроме ущерба окружающей среде, загрязнение арктических территорий нарушило структуру и качество питания аборигенных жителей (Козлов и др., 2008). Алиментарный фактор стал ведущей причиной авитаминозов и дисбаланса микроэлементов, следствием, что привело к ослаблению природного иммунитета и развитию у северных популяций экологозависимых форм патологий (Никифорова и др., 2018; Карпин, 2021). Среди коренного населения Севера отмечены высокие показатели заболеваемости, которые по многим параметрам превышают аналогичные значения у приезжих жителей (Манчук, Надточий, 2010, 2012).

Одной из важнейших и тревожных проблем Севера России остается медико-социальное состояние аборигенных жителей. Ввиду прогрессирующей смертности, высокого уровня ассимиляции, сложилась демографически угрожающая ситуация, в связи с чем сформулировано положение о депопуляции северных народов (Хаснулин, 2001; Брачун, Сахибгоряев, 2009; Дударев, 2009; Манчук, Надточий, 2010; Надточий и др., 2015; Киселева, 2015; Чашин и др., 2016; Талыкова и др., 2022).

Ранее проведенные биогеохимические исследования северных территорий России (Алексеева и др., 1996; Корчина, 2009; Куценогий и др., 2010; Боднар, 2012; Луговая, Степанова, 2015; Целых и др., 2018; 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.

В связи с этим представилось актуально значимым изучение микроэлементной физиологической системы у жителей севера, в частности аборигенного и пришлого населения Магаданской области.

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 (мягкая, слабоминерализованная питьевая вода, региональные продукты питания (рыба, морепродукты)). Впервые показаны этнодемографические различия элементного статуса, основой которых является время проживания на севере (адаптационный дефицит), 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 территориях, 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, I, Fe, Cr), являющихся основой для формирования эндемических элементозов. Показано, что особенностью элементного статуса жителей является пониженное содержание комплекса эссенциальных элементов: кальция, магния, фосфора,

кобальта, селена, йода, частично хрома, железа. 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 этнодемографических групп (аборигены, метисы, пришлые жители), которые для жителей приморской территории Магаданской области могут быть расценены как региональная норма.

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

Выявленные гипозлементозы отмечены во всех исследованных группах, но наиболее они выражены у пришлых жителей (кроме хрома, железа). 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 – и общих минерально-витаминных комплексов.

Личный вклад автора в исследование. Соискателем проведено изучение российской и зарубежной литературы по комплексной теме – Север, биогеохимия, коренные жители Севера, элементный статус, элементозы. Автором формулированы цель и задачи исследования, проведен сбор материала для проведения элементного анализа, получены цифровые данные по содержанию в волосах спектра элементов, составлена база данных, проделана статистическая

обработка первичных данных. На их основе проведен анализ и интерпретация полученных значений, изложены результаты исследования, 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, в том числе за последние пять лет - 4 публикации в журналах, включенных в перечень ВАК и РУДН для опубликования основных научных результатов диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук.

Объем и структура диссертации. Диссертация состоит из введения, обзора литературы, материалов и методов, результатов исследования и их обсуждения, заключения, выводов, списка сокращений и условных обозначений, списка использованной литературы. Общий объем составляет 179 страниц, текст иллюстрирован 17 таблицами и 18 рисунками.

ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1. Природно-климатическая характеристика Магаданской области

Магаданская область, Республика Саха (Якутия), Чукотский автономный округ входят в состав территории Северо-Востока Азии, которая занимает половину площади Северной Азии и омывается водами морей Ледовитого и Тихого океанов. Территория имеет огромную суммарную площадь, часть из которой занимает Магаданская область — 461,4 км². Указанные субъекты Российской Федерации объединены географическим понятием «Российский Север», но в тоже время являются самостоятельными административными единицами (Железнов-Чукотский и др., 2015).

Магаданскую область относят к районам Крайнего Севера. Большая часть территории области (кроме прибрежных территорий и некоторых долин рек) расположена на высотах, превышающих 500 м над уровнем моря. Магаданская область находится в зоне многолетней мерзлоты, исключением являются только

территории побережья Охотского моря. Магаданская область является разнообразной по биогеохимическим и природно-климатическим характеристикам. Область делится на континентальные, приморские и переходные территории в зависимости от расположения относительно морской акватории [Указ Губернатора Магаданской области «Об утверждении лесного плана...», 2019 г.].

Степень комфортности территории, предложенная Б.Б. Прохоровым в 1989 г., основывается на оценке около тридцати параметров среды проживания человека. Разработанная пятибалльная шкала классифицирует оцениваемые регионы на экстремальные, дискомфортные, гипоккомфортные, прекомфортные и комфортные. Согласно указанному принципу, Магаданская область отнесена к экстремальным регионам. Природная среда значительно усложняет труд, отдых и быт человека на данной территории на протяжении большей части года. Здоровье и жизни населения находятся под влиянием факторов окружающей среды, некоторые параметры которой достигают критических значений. Очень сильное напряжение системы адаптации с тенденцией к декомпенсации формируется при адаптации пришлых жителей (Прохоров, 1979, 1999).

Обоснование дискомфорта северных территорий, предложенное в 2004 г. М.П. Рощевский с группой ученых, основывается на учете четырех факторов, таких как: экономико-географический, природно-климатический, социально-экономический факторы и риск проживания (пригодность территории для пришлых жителей).

Исследователями было предложено осуществлять районирование северных регионов на основании оценки степени стрессирования населения под влиянием неблагоприятных климатогеографических и других экологических факторов окружающей среды. При таком подходе, деление территорий в основном проводится на основании показателей смертности в разных возрастных группах. Показатели смертности в трудоспособном возрасте на территориях с наиболее дискомфортным климатом (пример, Магаданская область, Саха (Якутия)) превышают аналогичные показатели регионов с комфортными условиями

окружающей среды. Дополнительно возможно использовать молекулярно-мембранные, эндокринные, психофизиологические характеристики стресса, вызванного экологическими факторами (Хаснулин и др., 2004, 2005).

Северный экологически обусловленный стресс относят к одной из основных причин агрессивного течения артериальной гипертонии на Севере (Хаснулин и др., 2012). Отмечено, что показатель смертности от болезней системы кровообращения находится в зависимости от холодного воздействия, оказываемого на организм, а также других метеогеофизических факторов. Также выявлено нарастающее негативное влияние этих факторов по мере повышения географической широты проживания человека (Хаснулин и др., 2015). Магаданская область расположена в зоне сурового субполярного и арктического климата и представлена ботанико-географической зоной: высокогорные каменистые пустоши и горные тундры; лиственничное редколесье и тайга. На природу прибрежных районов большое воздействие оказывает Охотское море. На побережье – климат умеренного пояса (морской): зимняя температура не опускается ниже минус 40 градусов, летняя – обычно не превышает плюс 20 градусов. В центральных районах области – климат субарктический (континентальный): зимняя температура может опуститься до минус 60 градусов, летняя – подняться выше плюс 30 градусов. Длинный холодный период (более 10 месяцев) обуславливает короткий вегетационный период. Продолжительность световой части суток несколько часов и увеличивается в теплое время года и в июне – августе равна 17,5 – 21,8 час/сутки. К неблагоприятным климатическим факторам на северных территориях также относят быстрое изменение атмосферного давления за короткий промежуток времени, тяжёлый аэродинамический режим, сниженное содержание кислорода в атмосфере, геомагнитные колебания (Афтанас и др., 2014; Revich, Shaposhnikov, 2014).

Экстремальные условия жизни создаются под влиянием частых изменений геомагнитного поля, колебаний атмосферного давления, недостатка ультрафиолетового излучения, многолетней мерзлоты, сильного холодного ветра, порывы которого достигают 20-40 м/сек. Исследователи отмечают негативное

влияние неблагоприятных факторов на физиологическое развитие, иммунную систему обменные процессы организма людей, живущих на Севере (Добродеева, 2001; Ефремов и др., 2003; Гудков и др., 2017; Солонин, 2019).

Согласно данным Всемирной Организации Здравоохранения около 1/4 всех заболеваний (23,0 %) вероятно связаны с экологией (Корчин и др., 2021). Большая роль среди многих факторов, влияющих на здоровье, принадлежит химическим элементам окружающей среды, которые оказывают прямое влияние на металло-лигандный гомеостаз (Агаджанян и др., 2001). При этом для человека главным источником макро- и микроэлементов является водно-пищевой рацион (Горбачев, 2006; Корчин и др., 2018).

Считается, что коренное население Арктики относительно пришлых жителей достоверно меньше потребляет грибов, ягод, овощей, фруктов, сухофруктов, и соков (плодово-ягодных, фруктовых, овощных), молочных продуктов, и больше – рыбы и рыбопродуктов, мясопродуктов (за счёт оленины), хлебобулочных изделий (Батурин и др., 2019). Учитывая небольшую часть продуктов питания в Магаданской области, имеющих местное происхождения, и существующую систему доставки продуктов из других геохимических территорий, (Бульбан, 2009), а также индивидуальные вкусовые предпочтения определенных блюд, к постоянному базовому источнику макро- и микроэлементов для населения можно отнести только региональные источники питьевой воды (Бульбан, 2005; Горбачев, 2006, 2021).

Гидрохимический режим Магаданской области обусловлен малой мощностью (0,3-0,6 м) сезонно-талого слоя, обширным распространением многомерзлотных пород, снегодождевым и подземным питанием рек, повышенным годовым количеством атмосферных осадков (350-500 мм и более) (Зуев и др., 1998). Речную систему относят к бассейнам Северного Ледовитого и Тихого океанов, включает несколько тысяч рек и ручьев общей протяженностью около 380 тыс. км. Большой частью реки относятся к бассейну рек Колымы – 71 %, остальные 29 % – к бассейну Охотского моря.

Водоснабжение города Магадана осуществляется водами искусственных водохранилищ, на остальной территории большинство населенных пунктов используют надмерзлотные воды подрусовых таликов. Природные воды на изучаемой территории классифицируют по химическому составу как гидрокарбонатно-кальциевые, по степени минерализации – ультрапресные ($0,5 \text{ г/дм}^3$); по жесткости – очень мягкие (до $1,5 \text{ мг-экв/дм}^3$) (Зуев и др., 1998).

Оценка качества питьевой воды за период с 2020 по 2022 г. в Магаданской области, в соответствии со сведениями регионального информационного фонда социально-гигиенического мониторинга, осуществлялась на основании определения органолептических показателей, жесткости общей, марганца, железа. Важнейшие вещества, загрязняющие питьевую воду систем централизованного водоснабжения, представлены:

– марганцем и железом: из-за высоких концентраций в природной воде водоносных горизонтов;

– железом: по причине значительной изношенности водопроводных труб и нарушений технологии.

Удельный вес проб, не соответствующих гигиеническим нормативам по содержанию химических веществ в 2020 г. составил 8,3 %, в 2021 г. – 9,3 %, в 2022 г. – 11,1 % [Материалы госдоклада «О состоянии санит.-эпидем. ... в г. Магаданской области, 2022 г.»].

Многолетняя мерзлота и холодность почвенного покрова являются особенностями условий развития почвообразовательного процесса Магаданской области. Только 3–4 месяца в году почвы имеют положительные температуры. Низкие температуры почвенного профиля снижают усвоение питательных веществ, задерживают рост и развитие растений. Холодность почвенного покрова оказывает влияния на растительность, интенсивность биохимических процессов и микробиологическую активность, в значительной степени определяет скорость и направление физико-химических процессов в почве.

Магаданская область является минерально-сырьевым регионом с ресурсной ориентацией производства. Государственным балансом учтены месторождения

золота, серебра, олова, каменного и бурого углей, вольфрама, цинка, свинца [Справка о состоянии и использование минерально-сырьевой...», 2021 г.]. Техногенные аномалии главным образом выражены аномалиями вредных веществ и элементов, образующимися при осуществлении эксплуатационных, геологоразведочных и сопровождающих их работ.

Значительная часть территории Магаданской области, особенно центральная часть Колымы, относится к старым приисковым районам, в которых по настоящее время существенная роль отводится добыче металла из россыпей, чаще техногенных. Имеет место полная и неоднократная переработка рыхлого материала в долинах, приводящая к значительному изменению рельефа, гидродинамического режима, почвенного и растительного покрова. Техногенное загрязнение связано с многократным увеличением природных концентраций при извлечении токсичных элементов из недр, при их транспортировке, накоплении и переработке (Андросова, 2013; Михеева, 2015).

Приисковые и рудничные территории и сопряженные с ними типы техногенных производств составляют более трети территорий административных районов и во многом определяют эколого-геологическую обстановку Магаданской области. Отмечено, что основными химическими элементами – загрязнителями техногенных образований колымских россыпей золота являются ртуть, мышьяк, фосфор, в меньшей степени – цинк, свинец, никель, хром, кобальт и другие в зависимости от технологических особенностей разработки и местного геологического фона (Бульбан, 2005).

На территории г. Магадана осуществлялся контроль за химическим загрязнением почвы по ртути, свинцу, кадмию, меди, цинку. Согласно данным Роспотребнадзора по Магаданской области, в 2022 г. из 24 проб отобранных проб – все пробы отвечали требованиям гигиенических нормативов, в 2021 г. – 3,1 % проб не соответствовали гигиеническим нормативам, в 2020 г так же все исследование пробы отвечали установленным требованиям [Материалы госдоклада «О состоянии санит.-эпидем. ... в г. Магадане, 2022 г.»]. Отсутствие загрязнения почв и воды тяжелыми металлами, также подтверждают изучения

дикоросов. Исследования минерального состава ягод дикорастущих растений и грибов показали отсутствие превышения допустимых уровней токсичных элементов в ягоде (Похилюк, 2014; Степанова, Луговая, 2022).

1.2. Этнодемографическая характеристика (структура) Магаданской области

Популяция людей, проживающих на северных территориях разнообразна в социально-демографическом отношении и неоднородна по степени адаптированности к условиям внешней среды. Коренные малочисленные народы севера (КМНС), коренные жители, пришлые (приезжие) жители населяют северные регионы.

На территории России проживает около сорока аборигенных групп – коренных малочисленных народностей Севера, Сибири и Дальнего Востока (Суляндзига и др., 2003). Коренные малочисленные народы РФ – это народы, проживающие на территориях традиционного расселения своих предков, сохраняющие традиционные образ жизни, хозяйствование и промыслы, насчитывающие менее 50 тыс. человек и осознающие себя самостоятельными этническими общностями (Павленко и др., 2019).

На территории России, по информации Всероссийской переписи населения 2010 г., насчитывалось 316 тыс. граждан, которых отнесли к коренным малочисленным народам (Павленко и др., 2019). На арктической и субарктической территориях России проживает около 160 тыс. человек, относящихся к коренным малочисленным народам (Киселева, 2015).

В отношении названия групп северного населения существует путаница терминов «коренной», «местный», «аборигенный», (Даллманн и др., 2003; Горбачев и др., 2012). В медико-биологических исследованиях разделяют понятиями «аборигенное» и «коренное население», в тоже время научной литературе между этими терминами ставят знак равенства. Конкретные малочисленные этнические популяции, которые исторически (столетия,

тысячелетия) проживают на определенной территории, подразумевают под аборигенным населением (Максимов, 2009).

Представители около 10 этносов, относящихся к КМНС, населяют Магаданскую область; это различные народы, каждый из которых обладает своей культурой и историей. Особый интерес среди них представляют потомки древних этносов. В 1970 г. их численность составила 3921 человек. Численность аборигенов, проживающих в Магаданской области, согласно Всероссийской переписи населения 2002 г., возросла до 5466 человек. Аборигенные народы от общей численности жителей области составляют 3 %.

Важным этническим процессом является изменение этнонимов, т.е. названия народов. Постановлением Правительства Российской Федерации в 2000 г. утвержден «Единый перечень коренных малочисленных народов Российской Федерации». Большая часть этносов, входящих в данный перечень, являются КМНС. В литературе такие народы так же обозначаются терминами – аборигены, коренные жители (Юланова и др., 2016).

В Магаданской области самыми многочисленными наибольшую часть от КМНС составляют эвены, коряки, а также потомки русского старожильского населения (ительмены, камчадалы). Чуванцы и ительмены законодательно закрепились как этнические группы к концу 20 века, а в начале 21 века сформировались группы есейских якутов и камчадалов. Численность коренных жителей возрастает, несмотря на процесс ассимиляции со стороны некоренного населения (процент смешанных в этническом отношении браков достигает 80), (Гольцова и др., 2006; Хаховская, 2008). Такая тенденция объясняется записью рожденных от смешанных браков как коренных жителей, что свидетельствует о стремлении сохранить жителей принадлежность к КМНС и высоком уровне этнического самосознания аборигенов.

В человеческой популяции выделяют адаптивные типы, которые приспособлены к определенным климатогеографическим условиям (Хаснулин и др., 2013). Адаптивный северный тип формируется в течение длительного времени, процесс может происходить на протяжении нескольких поколений.

Считается, что аборигенное население Севера обладает морфофункциональными характеристиками, которые адекватны природным условиям проживания (Никифорова и др., 2021). Смешанные браки способствуют наследованию и закреплению у метисов определенных адаптивных признаков. Метисы, проживающие на территориях национальных округов, могут являться хранителями генетической информации древних этносов. Таким образом, метисов можно рассматривать равным объектом исследования наряду с этнически чистыми представителями северных народностей (Горбачев и др., 2012). Некоторые природные факторы северных территорий являются неблагоприятными для здоровья населения, населяющего регионы с благоприятными климатическими условиями (Никифорова и др., 2021).

Анализ демографических показателей северных территорий указывает на процессы депопуляции – значительное сокращение численности населения. Процессы депопуляции связывают с активными миграционными процессами и оттоком населения из регионов севера, а сокращение численности коренных малочисленных народов Севера (КМНС) – преимущественно с высоким показателем смертности (Горбанев и др., 2021; Сивцева и др., 2023).

1.3. Элементный состав живых организмов и окружающей среды

1.3.1. Понятие биосферы и ее элементный состав

Часть земной оболочки, пригодной для жизни и населенной живыми организмами называют биосферой. Биосфера занимает верхние слои литосферы и нижнюю часть атмосферы. Таким образом, концепция биосферы включает в себя живые организмы и среду, в которой они обитают. Биосфера считается активной оболочкой Земли. В этой оболочке общая деятельность живых организмов выражается как геохимический фактор планетарного масштаба (Еремченко, 2004).

Выдающимся ученым XX столетия акад. В.И. Вернадским (1863-1945 гг.) было сформулировано учение о биосфере – активной оболочке Земли. Идею об особой роли микроэлементов в их биогенной миграции выдвинул в 1891 г. В.И. Вернадский (Вернадский, 1978). В дальнейшем учение о биосфере стало одним из

крупнейших и основополагающих обобщений в области естествознания (Галимов, 2013).

Согласно концепции биоэлементологии, стабильность химического состава живых организмов, гидросферы, литосферы и атмосферы являются основанием их оптимального существования. Около 100 млрд. тонн живого вещества находится в биосфере. Природные химические элементы содержатся в биосфере Земли в составе (воды, почвы, воздуха, горных пород). В настоящее время известно 118 химических элементов: 94 элементов обнаружены в природе, 24 – искусственно синтезированы. Около 99,8 % массы земной коры образуют 18 элементов: H, C, N, O, F, Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl, K, Ca, Ti, Mn, Fe, Ba (Лукманов, 2018).

1.3.2. Элементный состав живых организмов

Химический элементный состав живого вещества является одной из его главных характеристик. В.И. Вернадский проводил сравнение химического состава живого вещества и морской воды, и, затем, группировал по весовым процентам химические элементы. По мнению В.И. Вернадского, биогеохимические циклы миграции свойственны для многих элементов. Содержание элементов в окружающей среде коррелирует с содержанием биоэлементов в живом веществе (Ермаков, 2018). Химический состав живых организмов зависит от преобразований в верхних слоях земной коры. Почти все химические элементы, находящиеся в морской воде и земной коре, присутствуют в жидких средах и тканях организмов (Еремченко, 2004).

В живых организмах отмечается биологическое концентрирование элементов, то есть повышенное накопление некоторых элементов в отличие от их содержания в окружающей среде. Такая аккумуляция указывает на необходимость этих элементов для протекания биологических процессов в живом организме. Таким образом, в биосфере происходит накопление C, N, O, K, P, S, Cl, As, Sn, P и относительно высокие концентрации B, Ca, Ba, Cu, Rb, Sr, Zn, Pb. В

тоже время эта закономерность не наблюдается в отношении Al, Si, Fe, Zr, Mn, которые находятся в земной коре в большом количестве. (Попова, Эдокова, 2005).

Изменение состава среды обитания влечет за собой перемены в химическом составе организмов, в тоже время для поддержания гомеостаза в живых существах имеются регуляторные процессы, направленные на поддержание относительного постоянства содержания биоэлементов (Горбачев и др., 2018).

1.3.3. Химические элементы в окружающей среде

Активная роль в миграции химических элементов в земной коре принадлежит живым организмам. При их участии происходит формирование минералов, железных руд, горных пород, большая часть которых представлена соединениями кальция. Техногенное загрязнение окружающей среды так же вносит значительный вклад в перераспределение химических элементов. Тяжелые металлы, содержащиеся в выбросах автомобильного транспорта, промышленных предприятий, способствуют загрязнению объектов окружающей среды (воздуха, воды), через которые происходит их миграция в почву (Корчагина, 2014; Михеева, 2015).

Материнские горные породы являются основным источником поступления микроэлементов в почву. Так же свой вклад в поступление элементов в почву вносят почвенно-грунтовые воды, морская вода, вулканические газ, техногенное загрязнение в результате деятельности людей (Баришполец, 2011; Абрамкин, 2016).

Особенности поведения микроэлементов, степень и направление развития почвообразовательного процесса влияют на распределение и содержание микроэлементов в почвах. Отмечена закономерность в соотношении химических элементов в литосфере и почвах: чем больше элемента в почве, тем больше его и в литосфере. Основанием этой тенденции является накопление химических элементов живыми организмами, после гибели которых микроэлементы попадают в почву (Алексеев, 2018).

Почва является сложной системой, которая относится к главным объектам загрязнения. Почва характеризуется свойствами: величиной рН почвенного раствора, обменно-катионной поглотительной способностью, буферностью и т.д. Химические элементы после попадания в почву, включаются в физико-химические обменные процессы почвенного поглощающего комплекса, вступают в химические взаимодействия с элементами почвенного раствора (Азаренко, 2011; Бобренко и др., 2016).

Сельскохозяйственное и промышленное производство с использованием природных ресурсов приводят к значительным изменениям естественных циклов большей части микроэлементов. В дальнейшем это способствует изменениям темпов миграции элементов и увеличению их содержания в природной среде (Горб, 2011). Накопление микроэлементов, превышающее установленные нормативные величины в почве и растениях, может являться угрозой для здоровья человека (Красницкий и др., 2016; Ермохини др., 2019).

Исследования баланса химических элементов в почвах указывают на то, что на фоне сельскохозяйственной и индустриальной деятельности человека увеличивается содержание металлов в верхнем пахотном слое почв. Показатели содержания химических элементов в окружающей среде (ПДК, ОДК) устанавливаются такие требования к их количественному составу, при соблюдении которых не будет негативного воздействия на живые организмы (Синдирева, 2012; Красницкий и др., 2016; Andersson, 1976; Nar Dinetal., 2016; Bobrenko et al., 2017). Каждый регион отличается по распределению и накоплению микроэлементов в почвах (Азаренко, 2012; Азаренко и др., 2012; Красницкий и др., 2016). Химические элементы из почвы с водой могут переноситься на значительные расстояния и загрязнять источники питьевой воды.

Питьевую воду относят к важнейшему компоненту среды обитания. Равноправный и всеобщий доступ к недорогой и безопасной питьевой воде для всего проживающего в мире населения должен быть обеспечен к 2030 г. Основным направлением улучшения качества жизни и охраны здоровья населения в России является регулирование качества питьевой воды (Рахманин и

др., 2017). Дефицит питьевой воды в ряде регионов России относят к неблагоприятным факторам хозяйственно-питьевого водоснабжения (Онищенко, 2010; Онищенко и др., 2010).

Целью федерального проекта «Чистая вода» национального проекта «Экология» обозначено повышение качества питьевой воды. Оценка его реализации проводится на основании увеличения доли жителей, потребляющего качественную питьевую воду из систем централизованного водоснабжения. Эта доля к 2024 г. должна составлять 90,8 %, для населения городов – 99 % (Новикова и др., 2020).

В настоящее время предъявляют строгие требования к качеству питьевой воды, так как недоброкачественная вода, кроме инфекционных и паразитарных болезней (Загайнова и др., 2010; De Roos et al., 2017), может приводить к появлению неинфекционных болезней, обусловленных химическим природным составом воды и ее загрязнением химическими веществами (Мазаев и др., 2008; Стёпкин и др., 2012; Землянова и др., 2014; Кику и др., 2019). Использование для питья загрязненной воды может послужить предпосылкой формирования ряда заболеваний из-за срабатывания принципов синергизма, комбинированного воздействия токсикантов (Рахманин и др., 2010; Вожаева и др., 2018).

1.4. Классификация и роль химических элементов

1.4.1. Классификация химических элементов

Химические элементы, которые присутствуют в организме и участвуют в обмене веществ, называют макроэлементами, микроэлементами, биогенные элементы, биотики, эссенциальные, условно токсичные элементы, токсичные, следовые, ультрамикроэлементы, атомовиты, примесные элементы, биоэлементы (Войнар, 1960; Ковальский, 1974; Венчиков, 1978; Георгиевский и др., 1979; Ершов, Второва, 1981; Авцын и др., 1983; Биккулова, Ишмуратова, 1999; Сусликов, 2000; Скальный, 2004; Скальный, Рудаков, 2004; Полянская, 2014). Существует также термин «биометаллы» или «металлы жизни» (Уильямс, 1975).

В организме человека содержится 81 элемент из 118 открытых в настоящее время. Низкая концентрация в живых тканях является объединяющей чертой всех микроэлементов.

По изученности значения химических элементов для человека их можно разделить на группы:

1 группа незаменимых элементов: P, Ca, Mn, Mo, Co, Cu, I, Se и др., постоянно содержащихся в организмах и включенных в обмен веществ (гормоны, пигменты, ферменты, витамины).

2 группа (F, U, Sr, Pb и др.) – содержатся постоянно в организмах, но форма их соединений, биохимическая и физиологическая роль мало изучены.

3 группа – обнаружены в составе организмов, при этом порядок содержания их в тканях и органах не выяснен, также не определена биологическая роль (Sc, W, Re, Te, In и др.).

Одна из ведущих классификаций химических элементов, присутствующих в живых организмах, основана на их количественном содержании в организме. По концентрации в химические элементы делят на макроэлементы, микроэлементы и ультрамикроэлементы (Авцын и др., 1991; Лысиков, 2009).

Макроэлементы – биоэлементы, содержащиеся в организме в значительных количествах: от десятков килограмм (кислород, углерод) до десятков грамм (магний, хлор). К ним относят углерод (C), кислород (O), азот (N), водород (H), фосфор (P), кальций (Ca), натрий (Na), калий (K), хлор (Cl), магний (Mg), сера (S).

Макроэлементы делят на ионы электролитного фона (Ca, Mg, Na, K, Cl) и органогены (C, O, N, H, S, P).

Микроэлементы – элементы, которые содержатся в пределах 0,01 – 0,0001 % (от нескольких грамм до нескольких миллиграмм). К микроэлементам относят йод (I), железо (Fe), цинк (Zn), медь (Cu), марганец (Mn), кремний (Si) и др.

Ультрамикроэлементы – элементы, содержание которых в организме менее 0,00001 % (ниже 10^{-5} %): Se, Co, Ag, Sn, Be, Ga, Ge, Hg, Mo, V, Cr, U, Th, As, Ni, Li, Ba, Ti, Sc, Zr, Bi, Sb, Rh. В настоящее время отмечена важная физиологическая

роль многих элементов из указанной группы, в частности, хрома, кобальта, селена и др.

В основу другой положены представления о биологической роли химических элементов в организме – биологическая функциональная классификация. Она представляет наибольший интерес для специалистов в области питания человека, биохимиков и физиологов. Согласно биологической классификации, основной функцией макроэлементов является поддержание постоянства кислотно-щелочного и ионного состава, осмотического давления, построение тканей.

Микроэлементы, входят в состав гормонов, витаминов, ферментов и биологически активных веществ в качестве активаторов или комплексообразователей, участвуют процессах размножения, проницаемость сосудов и тканей, тканевом дыхании, процессах кроветворения, обезвреживании токсических веществ, окисления–восстановления, в обмене веществ.

В.Л. Сусликовым предложена классификация, согласно которой химические элементы делят на основании:

1. интенсивности всасывания в желудочно-кишечном тракте;
2. количественного содержания в теле человека (временные, постоянные, стабильные);
2. жизненного значения для организма человека (взаимозаменяемые, незаменимые, недостаточно изученные);
4. анатомо-физиологических свойств (структурные, функциональные – биокаталические, эндокринные, гематоатомовиты) (Радыш и др., 2017).

В настоящее время наиболее обоснованным является разделение элементов на органогены, макро-, микро- и ультрамикроэлементы. Эта классификация основывается на различиях в содержании определенных биоэлементов в организме. К тому же, исторически сложилось так, что с микроэлементами больше связывают представления о биохимической и физиологической активности, макроэлементами – структурные функции, с ультрамикроэлементами

– токсичность и недостаточную изученность их роли в организме (Полянская, 2014).

1.4.2. Физиологическая роль химических элементов

В организм химические элементы поступают с водой пищей, воздухом, затем усваиваются и распределяются в биологических средах, образуют комплекс с органическими составляющими и принимают участие в большом числе биохимических реакций. Химический элемент в составе тела приобретает «жизненные» свойства, которые у него отсутствовали в «неживой» природе (Киричук и др., 2020).

Большая часть минералов, необходимых организму, находится в пище в микродозах, они не являются источником энергии или строительных материалов (кроме органоенов) в организме, а выполняют функцию вспомогательных факторов в биохимических процессах, проявляя активность в ходе взаимодействия с другими биологически активными веществами (Скальный, 2004; Скальный, Рудаков, 2004).

В организме микроэлементы действуют косвенно, влияя на активность гормонов, ферментов, витаминов, белков. В таких соединениях принимает участие около 30 микроэлементов. Около 2000 ферментов обеспечивают обменные процессы на субклеточном и клеточном уровнях, каждый фермент катализирует определенную биохимическую реакцию. Например, цинк входит в состав 200 ферментов, железо и медь – в 30, марганец – 12. В человеческом организме 30 % железа находится в костном мозге, печени, селезенке, а 70 % входит в состав дыхательного пигмента гемоглобина (Горбачев, Луговая, 2018).

Биологическая роль макро- и микроэлементов представлена функциям:

- являются строительным материалом тканей;
- участвуют в обмене углеводов, жиров, белков;
- участвуют в синтезе и обмене нейромедиаторов в нейроэндокринной системе;
- участвуют в синтезе и обмене витаминов (витамин B12 (Co)), гормонов (инсулин (Zn), тироксин (I));

– обеспечивают процесс нормального развития, роста и созревания организма;

– через ферменты и гормоны определяют интенсивность биосинтеза нуклеиновых кислот (РНК, ДНК), от которых зависит синтез белка и проявление всех функций организма;

– участвуют в поддержании осмотического давления, ионного равновесия в жидкостях организма;

– являются катализаторами ферментативных реакций;

– взаимодействуют друг с другом (антагонистическое и синергическое взаимодействие) (Скальный, 2004; Родионова, 2005; Оберлиса и др., 2008).

Нарушение содержания даже одного элементов приводит к каскаду биохимических преобразований.

1.5. Элементный статус и межэлементные взаимодействия

1.5.1. Характеристика элементного статуса

Элементный статус – это количественный показатель биоэлементов в организме, который указывает на их избыток или дефицит и состояние минерального обмена (Скальный, Рудаков, 2005). Содержание биоэлементов может обозначаться в мкг/мл, мкг/г, мг/л, мг/кг., в зависимости от биологических сред (волосы, моча, кровь), которые анализируются.

В научной литературе наряду с общим элементным статусом организма существует понятие «статус определенного элемента», к примеру, статус марганца, статус кальция, статус кобальта. Статус конкретного биоэлемента характеризует количественные значения содержания определенного химического элемента и его взаимосвязи с другими элементами в организме (Горбачев, Луговая, 2018).

Элементный гомеостаз направлен на поддержание постоянного уровня биоэлементов в живых организмах. Элементный статус представляет собой индивидуальный показатель, который характеризует особенности минерального обмена в организме и экологическую, биогеохимическую среду обитания (Авцын

и др., 1991; Агаджанян и др., 2001; Сусликов, 2002; Скальный, 2004; Скальный, Рудаков, 2004; Безель, 2006; Бурцева и др., 2009; Барановская и др., 2015; Ермаков и др., 2018).

1.5.2. Особенности содержания биоэлементов в организме в зависимости от пола

Отмечены различия в элементном статусе женщин и мужчин, обусловленные половыми особенностями обмена веществ, в связи с разными характеристиками гормонального фона. Считается, что концентрация макроэлементов – К, Na достоверно ниже в группе женского пола. Кроме того, у них чаще увеличен уровень Mg, Ca. На северных территориях исследователи отмечали половые различия в отношении Co, Cr, Mn, I, Cd, As, Li, и других элементов (Луговая, Степанова, 2015).

1.5.3. Поступление и выведение химических элементов в живом организме

Все организмы находятся в тесной связи с окружающим миром. Химические элементы поступают в организм несколькими путями: с воздухом, с водно-пищевым рационом (потребляемые вода и пища) (Ковальский, 1974; Авцын и др., 1991; Скальный, 2004; Скальный, Рудков, 2004; Корчина, 2007).

После поступления химические элементы в организме усваиваются, распределяются в тканях и биологических средах, образуют комплексы с органическими составляющими и, таким образом, принимают участие в многообразии биохимических реакций. Только в организме химический элемент обретает уникальные «жизненные» свойства, которые отсутствуют у него в «неживой» природе, и становится биоэлементом, важным для жизнедеятельности организма (Скальный, 2009).

Сложность классификации биоэлементов по биологическим свойствам заключается в том, что эссенциальные элементы, при некоторых условиях, приводят к появлению токсичных реакций, в тоже время часть токсичных

элементов могут обладать свойствами эссенциальных элементов, то есть являться полезными при определенной экспозиции и дозировке. Поэтому важно знать суточную потребность человека при приеме препаратов, содержащих макро- и микроэлементы, их усвояемость в желудочно-кишечном тракте, а также взаимодействие при их одновременном приеме (Буюклинская и др., 2013).

Основным принципом рационального питания является включение в рацион разнообразных продуктов питания, в том числе произведенных на других биогеохимических территориях, вследствие чего устраняются условия, приводящие к отрицательному влиянию на организм биогеохимических свойств данной местности. Поэтому употребление разнообразных продуктов (со значительной долей привозных) – эффективный способ предотвращения регионального избытка или дефицита определенных химических элементов (Драпкина и др., 2021).

Пути выделения биоэлементов разнообразны. Основное количество биоэлементов с выделяется калом, с мочой выделяются в основном Co, I, Fe, Se, Mo, Br, B, Cd, Ge, Rb, Sb, Te, Nb, Cs, с потом – Se, много Sn, Ni, Pb, F, с волосами – Hg (Киричук и др., 2020).

В обмене макро- и микроэлементов существует определенная закономерность. Так, катионы – микроэлементы (Mn, V, Zn, Cr и др.) абсорбируются хуже, их гомеостаз корректируется главным образом за счет выведения через желудочно-кишечный тракт (ЖКТ). В гомеостазе катионов принимают участие желчная секреция и ЖКТ, так как они нуждаются в специфических путях абсорбции. При этом анионы (Se, I, Cl, F) сравнительно легко абсорбируются (70–95 %), в основном их обмен регулируется путем выведения через мочевыделительную систему. Органические комплексы способствуют лучшему усвоению многих химических элементов (Куликов, 2018).

1.5.4. Формирование в организме избытка и дефицита биоэлементов

Поддержание элементного гомеостаза обеспечивается в ходе обмена химических элементов между биогеохимической средой и живыми организмами.

При этом организм усваивает то количество элемента, которое необходимо для пополнения физиологического депо (Радыш и др., 2017).

В ситуации повышенного поступления элемента из окружающей среды с воздухом, водой и пищей, его излишек удаляется из организма через органы выделения (легкие, почки, печень, кожа, желудочно-кишечный тракт и др.). При поступлении химического элемента, в количестве недостаточном для обеспечения физиологических процессов, осуществляется компенсация дефицита за счет выхода элемента из физиологического депо (Лысиков, 2009). Образование избытка или дефицита биоэлементов, нарушение их обмена в организме могут быть следствием биогеохимического неблагополучия окружающей среды или ухудшения в функционировании систем жизнедеятельности (Скальный, 2004).

Избыток биоэлементов в организме формируется при:

1. патологии органов выделения (почки, печень, желудочно-кишечный тракт и др.)
2. длительном нахождении в условиях избыточного поступления химических элементов (Ca, Si, Sr, Mn, Fe и др.);
3. вредные привычки (курение табака): избыток кадмия, свинца и др. токсичных элементов;
4. нарушении пищевого поведения.

Исследователями хорошо изучена роль биоэлементов в процессе развития болезней многофакторной природы (Скальный, Рудаков, 2004; Кучер, 2017), это привело к выводам:

1. причиной заболеваний различных систем организма может стать дефицит или избыток одного и того же элемента в организме;
2. избыток или дефицит одного и того же элемента в организме может привести к структурно-функциональным нарушениям одного и того же органа (щитовидная железа – йод);
3. другие биоэлементы могут оказывать влияние на уровень биоэлементов, между ними складываются антагонистические и синергические взаимоотношения;

4. генетический контроль поддержания уровня биоэлементов в организме доказан для многих из них.

Дефицит биоэлементов в организме формируется при:

- воздействию негативных факторов окружающей среды (химических, биологических, физических);
- продолжительном нахождении организма в условиях дефицита элемента во внешней среде, в частности на территории биогеохимических провинций (Ca, Mg, Se, Fe, I и др.);
- продолжительных стрессовых нагрузках (возникновение дефицита магния);
- нарушении процессов поступления или транспорта элемента (при заболеваниях ЖКТ);
- действии алиментарных факторов – однообразное, несбалансированное питание (Скальный, Рудаков, 2004).

1.6. Важнейшие представители биоэлементов

Кальций (Ca). Кальций прямо или опосредованно участвует в большинстве биохимических реакций, которые обеспечивают процессы жизнедеятельности (Ахмеджанова и др., 2020). Особенности обмена кальция играют важную роль в трансплантологии и имплантологии, в частности при протезировании клапанов сердца и сосудов (Антонова, Кудрявцева, 2016; Майлян, Коломиец, 2019).

Ионы кальция участвуют в активации ферментов, свертывании крови, процессах стабилизации клеточных мембран и клеточной гибели. Так же кальций регулируют внеклеточный и внутриклеточный сигналинг, обеспечивает межклеточную коммуникацию, передачу информации в клетку, мембранный транспорт, принимает участие в ремоделировании, в том числе миокарда, а также участвует в работе генома клетки (Майлян, Коломиец, 2019; Blaine et al., 2015).

Кальций реализует внутриклеточный сигналинг в качестве вторичного и третичного мессенджера в передаче сигнала к молекулам-мишеням. Посредством межклеточного сигналинга кальций влияет на эффективность работы иммунной

системы, а через нарушения этого механизма стимулируются иммунные гиперреактивности, в частности иммуновоспалительные реакции (Ахмеджанова и др., 2020; Schaub, Heizmann, 2013).

Оптимальное поступление кальция в организм является важнейшим условием поддержания минеральной плотности и нормальной структуры костной ткани, способствует профилактике и лечению остеопороза. Кальций необходим для образования костной мозоли, сращения переломов и трещин костей при травмах (Батурин и др., 2022; Sosa, Bregni, 2003; Dawson-Hughes, 2017).

При отсутствии нарушения баланса питания, аномалий физиологических процессов, кальций регулирует нормальные клеточные процессы, дифференцировку и пролиферацию клеток. Обмен кальция может существенно нарушаться при пищевых, экологических медико-социальных, бытовых отклонениях (Миняйло и др., 2017). В таком случае его влияние на указанные процессы носит патологический характер, в том числе посредством апоптоза (запрограммированной гибели клеток) и гиперактивации иммунной системы (Ахполова, Брин, 2017; Ахмеджанова и др., 2020; Schaub, Heizmann, 2013). Таким образом, гомеостаз кальция является важнейшим для организма. При этом его нарушение лежит в основе многих хронических заболеваний (иммуновоспалительных реакций, заболеваний сердечно-сосудистой системы, нейродегенеративных заболеваний) и состояний (обызвествление (известковая подагра, интерстициальный кальциноз)) (Попугаева и др., 2015; Майлян, Коломиец, 2019; Кожанова, Муханов, 2020).

Магний (Mg). Магний является важным макроэлементом. Выполняет важную функцию в качестве кофактора в более чем трехстах ферментативных реакциях, например, регуляции процессов перекисного окисления липидов, синтез глюкозы и нуклеотидов, производство аденозинтрифосфата (АТФ) [National Institutes of Health, Magnesium, 2018]. Большая часть магния находится в костной ткани, которая является депо магния (Чарушин и др., 2020).

Магний поддерживает устойчивость структуры клетки в процессе роста, участвует в регенерации клеток организма. Ион магния (Mg^{2+}) – второй по

важности внутриклеточный катионом после калия (K^+) и имеет фундаментальное значение для остеогенеза, проведения нервного импульса, сокращения мышц. Ионы магния (Mg^{2+}) и кальция (Ca^{2+}) являются физиологическими антагонистами, из чего следует присутствие у магния дезагрегационного, миотропного, спазмолитического эффектов. Магния участвует в фиксации ионов K^+ в клетках, что обеспечивает поляризацию клеточных мембран и последующий контроль спонтанной электрической активности нервной ткани и проводящей системы сердца (Сыркин и др., 2019). Отмечено влияние магния на функциональное состояние практически всех систем и органов (Коровина и др., 2006; Недогода, 2009; Шилов, Осия, 2013; Морозова, Дурнцева, 2014).

Распространенным нутриентным дефицитом у россиян является дефицит магния (Громова, Трошин, 2018), в северных регионах отмечен сочетанный дефицит магния и кальция (Луговая, Степанова, 2019). При недостатке магния может возникать нарушение той или иной гомеостатической функции, с последующей дезадаптацией.

Алиментарный дефицит магния может возникать при его недостаточном поступлении с питьевой водой, продуктами питания, а также в случаях повышения содержания натрия, кальция, жира или белка в пищевом рационе (снижает поступление магния в организм вследствие образования невсасываемых комплексов) (Мочкин, Максимов, 2020). Используют 2 термина для обозначения нарушений обмена магния в организме: снижение общего содержания магния в организме обозначают термином «магниевый дефицит», снижение концентрации магния в сыворотке (в норме 0,8–1,2 ммоль/л) обозначают «гипомагниемией».

Состояние хронического стресса, эндокринные нарушения (гиперальдостеронизм, гиперкальциемия), диабет, медикаментозное лечение (например, продолжительный прием диуретиков) могут быть причинами дефицита магния. Повышение уровня глюкокортикостероидов и катехоламинов способствуют росту экскреции магния из организма. Также усиленном

потоотделении приводит к потерям магния (Школьникова др., 2002; Недогода, 2009; Dreosti, 1995; Schimatchek, 2001).

Обмен магния необходимо рассматривать в связи с элементным гомеостазом в целом. Считается, что содержание магния в эритроцитах и сыворотке крови связано с уровнями меди, железа, хрома, кобальта, никеля (Сафарян, Саргсян, 2020). Дефицит магния сочетается с дисбалансом меди, цинка и хрома (дефицит цинка, избыток меди) при инсулинонезависимом типе сахарного диабета. Частота и глубина дефицита магния с возрастом возрастают. В США по данным скрининга пациентов (1977–2007 гг.) увеличилась диспропорция поступления магния/кальция в рационе – содержание кальция увеличивается, а магния – снижается, что совпадает с возрастанием колоректального рака и сахарного диабета 2 типа (Rosanoff, 2010). Магний играет важную роль в поддержании гомеостаза калия, натрия, кальция (Трисветова, 2012). Недостаток магния предрасполагает к нарушению обмена калия, что значимо в сердечно-сосудистой патологии [National Institutes of Health, Magnesium, 2018]. Низкое содержание магния в сыворотке крови является фактором риска развития гипертонии и повышает риск ишемической болезни сердца. Имеются сведения, что недостаток магния в организме способствует развитию острого тромбоза, атеросклероза (Jensen et al., 2018). Сердечно-сосудистые заболевания (болезни сердца, кровеносных сосудов) – основная причина смерти населения во всем мире (Полонская, Каштанова, 2019). Исследования влияния добавок магния на артериальное давление показывают, что этот химический элемент оказывает клинически значимое влияние на снижение артериального давления (Tone, 2016).

Условием полноценного усвоения витаминов С, В1 (тиамин), В6 (пиридоксин) является присутствие магния. Благодаря магнию эффективнее проходит обновление клеток тканей и органов, структура клеток во время их роста становится более устойчивой. Магний оказывает стабилизирующее влияние на структуру костей, придаёт ей твёрдость (Гурциева, Неёлова, 2014). Считается, что в связи с биологической целесообразностью более высокие уровни депонирования магния имеют женщины, так как магний принимает активное

участие в функции поддержки плацентарной функции и деторождения (Сыркин и др., 2019).

Фосфор (P). Потребность в фосфоре отмечена для всех живых организмов. Обмен фосфора и метаболизмом кальция тесно связаны в организме, что подтверждается уменьшением неорганического фосфора в условиях повышения содержания в крови кальция (антагонизм). Высокое содержание кальция в пищевом рацион может приводить к осаждению фосфата кальция и, следовательно, уменьшению доступности фосфата. Фосфор элиминируется из организма с калом, мочой и потом. Пища является основным путем поступления фосфора в организм. Фосфор принимает участие при построении нуклеиновых кислот, которым принадлежит значимая роль как носителей наследственности и регулятора биохимических процессов (Теучеж, 2018).

Железо (Fe). Железо является незаменимым микроэлементом. Входит в состав каталаз, пероксидаз, цитохрома, необходимо для построения гемоглобина. В организме содержание железа распределено неравномерно. Большая часть биоэлемента депонирована в гемоглобине эритроцитов, остальная часть локализована в миоглобине, гемосидерине, ферритине, железосодержащих ферментах (цитохромах) и сывороточном железе (Соловьева, 2005).

Анемия часто сопряжена не только дефицитом железа, но и пониженным содержанием Co, Mn, Zn, Cu, витаминов B6, C, P (Скальный, 2004). Повышение содержания железа на фоне уменьшения железосвязывающей способности в организме способствует возникновению окислительного стресса, который негативно влияет на общий антиоксидантный статус, содержание витаминов A, E, C, фермент каталазу (Соловьева, 2005).

Свинец, кадмий, никель, хром и ванадий препятствуют всасыванию железа в желудочно-кишечном тракте (Белоус, Конник, 1991; Лубянова, 2000; Морщакова, Павлов, 2003). В тоже время избыточное поступление железа в организм рассматривают как фактор риска развития различных патологий и преждевременного старения (Колиева, Неелова, 2011; Полонская, Каштанова, 2019; Ji et al, 2015).

Цинк (Zn). Цинк относят к эссенциальным элементам. По своей значимости он сравним только с I, Mg и Fe. Медицинские и социальные масштабы его недостатка являются ведущей проблемой старения людей развитых стран (Takeda, 2014) и становятся предметом внимания здравоохранения в развивающихся странах (Wessells, Brown, 2012). Среди детского населения в России встречаемость недостатка поступления цинка с пищей составляет от 50 до 70 % [Нормативы физиологических потребностей в энергии..., 2008]. Низкое содержание цинка в питьевой воде и неполноценное питание (недостаток рыбы, мяса и т.д.) приводят к недостаточному поступлению цинка в организм (Сальникова, 2016). К числу неотложных задач ВОЗ относят ликвидацию гипоцинкемии (Щеплягина, Нетребенко, 2012; Штыкова др., 2018).

Цинк занимает второе место среди микроэлементов по распространенности в организме после железа. Более 7 тысяч ферментов содержат в своем составе цинк (Kimura, Kambe, 2016; Mason, 2016). Цинк принимает участие во всех видах обмена, а также в процессе трансляции, необходим для синтеза белка, нуклеиновых кислот (НК), стабилизации структуры рибосом, РНК и ДНК (Журавлева и др., 2007), относится к протекторам свободнорадикальных реакций при формировании антиоксидантного статуса (Панасенко и др., 2018), важен для деления и роста клеток, принимает участие в мембранном транспорте, в проницаемости и стабилизации клеточных мембран (Williams, 2012), необходим для правильного обоняния и вкуса (Choi et al., 2020), играет роль в механизмах памяти и восприимчивостью к обучению (Tamano et al., 2016). Цинк оказывает влияние на репродукцию и развитие плода (Шейбак, 2015), процессы апоптоза (Pang et al., 2013) и иммунную систему (Daaboul et al., 2012), клеточное дыхание, гемопоэз, остеогенез, рост, формирование мозга и его нейротрансмиттерную функцию, выполняя функцию нейромодулятора и нейромедиатора (Li et al 2001).

Цинк может влиять на повышение активности щелочной фосфатазы, процессы пролиферации клеток и остеогенный эффект в остеобластах (Nie, Tsukamoto, 2011). Цинк оказывает отрицательное влияние на активность остеокластов и положительное – на активность остеобластов. Необходим для

нормального осуществления структурной, регуляторной и каталитической функций в клетках, участвует в катализировании гидролиза некоторых пептидов, альдегидов, белков (Сальникова, 2012).

Ионы Zn играют роль сигнальной молекулой для α -клеток, принимают участие в процессинге и хранении инсулина в качестве кофактора, поступая во внеклеточное пространство после секреции инсулина (Шейбак, 2015). Дисфункция жировой ткани может сопутствовать нарушению обмена цинка (Тиньков, 2020).

Кальций замедляет всасывание и выведение цинка из организма. Большие дозы цинка оказывают тормозное влияние на рост, приводят к нарушению развития скелета и минерализации костной ткани за счет снижения в 2 раза содержания фосфора и кальция (Родионова, 2005).

Медь (Cu). Одним из важнейших эссенциальных микроэлементов является медь. Содержание меди в организме взрослого человека составляет примерно 100–200 мг., при этом в мышцах находится около 50 % всей биоэлемента, в печени – 10 %. Медь посредством Cu-зависимых ферментов осуществляет свою физиологическую роль (Вапиров и др., 2018). Ферменты, компонентом которых является медь, обладают окислительно-восстановительной активностью. Так же медь участвует в метаболизме железа (в созревании эритроцитов и образовании гемоглобина), обеспечивает формирование соединительной ткани и поддержание ее структуры, участвует в росте костей и синтезе коллагена, повышает усвоение углеводов и белков, поддерживает эластичность альвеол, стенок кровеносных сосудов, кожи, обладает противовоспалительным свойством, например, при аутоиммунных заболеваниях (Оберлис, 2008).

В процессе созревания коллагена медь играет важную роль на этапе формирования поперечных сшивок между молекулами тропоколлагена (Оберлис, 2008; Кожин, 2013). Дефицит меди приводит к недостаточности медь-зависимых ферментов, проявляется в гипоплазии соединительной ткани, депигментации кожи и нарушениях деятельности нервной системы (Карнаухова, Ширяева, 2018).

Марганец (Mn). Марганец – эссенциальным микроэлементом, участвует в обеспечении многих функций в организме, например, регуляции различных видов метаболизма, в том числе соединительной и костной тканей, является кофактором для таких ферментов, как супероксиддисмутазы, гидролазы, трансферазы, аргиназы, лиазы, глутаминсинтетазы, участвует в обмене и синтезе нейромедиаторов, свертывании крови (Вредные вещества в окружающей среде..., с 452, 2007; Мазунина, 2015). Исследователи связывают неврозоподобные состояния, хронический стресс с дефицитом марганца (Луговая, Бартош, 2023).

Повышенное поступление марганца в организм из окружающей среды оказывает токсическое действие, это проявляется в развитии негативных эффектов (Басова, Хамитова, 2008; Гончаренко, Гончаренко, 2012). При поступлении с питьевой водой по воздействию на организм марганец относится к умеренно опасным веществам (3 класс опасности) (Корчина и др., 2018).

Повышенное поступление марганца в организм также снижает активность антиоксидантной системы, направленной на поддержание гомеостаза (Мазунина, 2015). Избыточное поступление марганца сопровождается формированием специфических эффектов: повреждающего действия со стороны системы крови, иммунной системы, костной системы, почек, желудочно-кишечного тракта, ЦНС, обменных и окислительно-антиоксидантных процессов, что может привести к росту заболеваемости населения в скрытых и явных формах (Онищенко и др., 2011; Bagga et al., 2004; Toxicological Profile for Manganese..., 2008).

Согласно исследованиям (Владимиров, 2000; Хрипач и др., 2004), при хроническом поступлении марганца с питьевой водой первичным механизмом проявления негативных эффектов является повреждение клеточных мембран. Повышенная концентрация марганца снижает активность антиоксидантной системы, направленной на поддержание гомеостаза (Diplock, 2000). В конечном итоге это приводит к снижению уровня показателя активности антиоксидантных процессов – общего антиоксидантного статуса, что указывает на протекание реакций декомпенсации из-за истощения антиокислительных резервов (Курашвили, Майлэм, 2001; Меньщикова и др. 2006).

Хром (Cr). В конце 1950-х гг. К. Шварцем и В. Мерцем (Schwarz, Mertz, 1959) показано, что у крыс в условиях дефицита хрома (хромодифицитная диета) отмечены пониженная способность подавлять концентрацию глюкозы в крови, при этом указанный эффект исчезает при приеме кормов, обогащенных неорганическим хромом (III). Доказательство эссенциальности хрома для человека получено в ходе исследования людей, находившихся на полном парентеральном питании (Anderson, 1995). Гликозурия, непереносимость глюкозы, энцефалопатия и периферическая нейропатия вязаны с дефицитом хрома. При этом увеличение поступления хрома способствовали восстановлению толерантности к глюкозе. Симптомы, связанные со старением, схожи с симптомами, наблюдаемыми при дефиците хрома и развитии сахарного диабета (Дебски, Гралак, 2001).

В настоящее время в мире отмечено увеличение заболеваемости сахарным диабетом 2-го типа (Tinajero, Malik, 2021). Согласно расчетам исследователей, в 2035 году число взрослых жителей с диабетом может составить 592 миллионов человек (Siddiqui et al., 2014). Литературные данные указывают на взаимосвязь особенностей течения сахарного диабета 2-го типа с содержанием в организме некоторых биоэлементов, в том числе и с уровнем хрома (Нотова и др., 2023; Simić et al., 2017; Sanjeevi et al., 2018; Kim et al., 2019; Feng et al., 2020; Bjørklund et al., 2020; Skalny et al., 2021; Vajdi et al., 2024). Хром увеличивает чувствительность к инсулину при отсутствии изменения распределения жировой ткани в организме. Согласно исследованиям, проведенным в США и Китае, степень непереносимости глюкозы связана с потребностью в хrome (Anderson et al., 1997).

Необходимо отметить, что валентность хрома влияет на его эффекты в организме. Так трехвалентный Cr играет важную биологическую роль (Скальный, 2004). Недостаток трехвалентного хрома сопровождается гликозурией, снижением толерантностью к глюкозе, ростом уровня холестерина, триглицеридов в сыворотке крови, развитием атеросклероза, задержкой физического развития, периферической нейропатией, нарушениями со стороны

центральной нервной системы, (Дебски, Гралак, 2015; Tinkov et al., 2015). Повышенное накопление шестивалентного Cr оказывает на организм аллергизирующие и канцерогенное действие (Singhal et al., 2015), способствует снижению антиоксидантной способности тиоловых групп и плазмы, накоплению продуктов перекисного окисления липидов, развитию окислительного стресса (Zendehdel et al., 2015).

Концентрация хрома, ванадия в организме имеет обратную связь с уровнями провоспалительных цитокинов и лептина. При ожирении указанным элементам принадлежит роль в развитии эндокринной дисфункции жировой ткани (Tinkov et al., 2015).

Кобальт (Co). Кобальт – жизненно необходимый микроэлемент, распространенный в природе и формирующийся в результате деятельности человека. Кобальт оказывает влияние на состояние миокарда, липидный и углеводный обмен, щитовидную железу (ЩЖ), входит в состав витамина B12 (De Voesck et al., 2003; Доломатов и др., 2019).

Повышенное поступление кобальта в организм может приводить к возникновению токсических эффектов, сопровождающихся функциональными расстройствами щитовидной железы, повышенными рисками энцефалопатии, кардиомиопатии, активацией провоспалительных процессов (Catalani et al., 2012; Yorita, 2013; Dai et al., 2014), процессами канцерогенеза, мутагенеза и некроза тканей путем (Paustenbach et al., 2013; Liang et al., 2017).

Селен (Se). Проведенные ранее исследования селенового статуса, указывают на большую распространенность пограничной недостаточности обеспеченности населения селеном, а в некоторых случаях – его умеренного дефицита на территории России (Golubkina, Alfthan, 1999; Голубкина, Папазян, 2006; Голубкина и др., 2017; Новиков, Шустов, 2017; Ковальский и др., 2019).

Уровень потребления селена влияет на его содержание в организме и зависит от региона проживания. Физиологический уровень потребления селена для взрослого человека считается 20–200 мкг. (Скальный, 2004).

Основным депо селена являются скелетные мышцы, составляя примерно от 28 % до 46 % от общего запаса. Также селен в больших количествах содержится в лимфатических узлах, селезенке, печени (Zhang et al., 2020; Hossain et al., 2021).

Селен поддерживает аккумуляцию цинка в тканях (Mertens et al., 2015; Skalny et al., 2015). Селен влияет на синтез интерлейкинов (Bansal et al., 2014), иммунные реакции (Montgomery et al., 2012; Qin et al., 2015). Недостаток Se связан со снижением экспрессии мРНК антиоксидантных селенопротеинов: тиоредоксинредуктазы, йодотиронин-дейодиназы, глутатионпероксидазы (Yang et al., 2016). Риск развития инфекционных процессов связан с дефицитом Se, так как происходит снижение содержания интерлейкина-10 и увеличение синтеза провоспалительных факторов (Gao et al., 2016).

Установлено влияние селена на показатели функционирования сердечно-сосудистой системы (жесткость сосудов) (Киричук, 2020). Селен является необходимым биоэлементом для процессов перекисного окисления липидов (Собуров и др., 2014; Ohta et al., 2015). Селеносодержащая глутатионпероксидаза принимает участие в защите биоструктур клеточных мембран от повреждения путем трансформации пероксидов липидов в менее токсичные оксикислоты (Zhang et al., 2015; Собуров и др., 2016).

Селен обладает антиоксидантными свойствами, при его дефиците образуются свободные радикалы в гиперплазированной щитовидной железе, которые участвуют в развитии фиброза, некроза, атрофии органа. Селен участвует в активации дейодиназ в щитовидной железе, гипофизе, почках, печени, доставке йода. Дефицит селена может приводить к запуску аутоиммунных процессов щитовидной железе и формированию аутоиммунного тиреоидита (АИТ), повышает риск развития рака щитовидной железы (Бурцева, Бурлуцкая 2006; Yang et al., 2016).

Население приморских районов употребляет в пищу большое количество морепродуктов, содержащих минеральные вещества, в частности селен, в связи с чем нормальную обеспеченность йодом жителей этих территорий связывают с селеном (Горбачев, Бульбан, 2010). Повышенное содержание в воде селена может

способствовать к накоплению его в тканях и оказывать тератогенный эффект с образованием пороков развития головного и спинного мозга (Lemly, 2014).

Йод (I). Признано, что дефицит йода – естественный и всеобщий природный феномен, и является одной из глобальных медико-социальных проблем современного мира, связанной с питанием населения (Дедов, 2012; Беспалов, Туманян, 2019; Мельниченко и др., 2020). При этом кроме природного дефицита йода, индивидуально или на уровне популяции вследствие воздействия антийодных (струмогенных) факторов, может проявиться эндогенный дефицит йода. Повышенные количества некоторых химических элементов (Ca, Co, Cl, F, Mn, Pb, Br) являются антагонистами йода. В тоже время увеличение струмогенного эффекта наблюдается при недостатке в организме Cu, Zn, Se (Скальная, 2019).

Йод входит в состав тиреоидных гормонов. Снижение его содержания в организме вызывает функциональное напряжение ЩЖ, приводит к комплексу патологических изменений (йододефицитных заболеваний). ВОЗ к таким заболеваниям относит патологические состояния, возникающие в следствие недостатка йода и, которые при нормализации поступления йода в организм, могут быть предупреждены (Трошина и др., 2021).

Последствием недостатка йода могут быть прерывание беременности, бесплодие, мертворождение, а также снижение иммунитета и повышение риска радиационно-индуцированного рака щитовидной железы (Дедов, 2012; Трошина и др., 2012; Бюрюкова, 2017; The Lancet, 2008).

Кремний (Si). Примерное содержание кремния в организме 1–2 г. (Jugdaohsingh, 2007). Распределение кремния в жидкостях и тканях организма является неравномерным. Наибольшее его содержание отмечается в костях, сухожилиях, коже, почках и стенках аорты, наименьшее – в плазме и сыворотке крови, эритроцитах. Биологическая роль, функциональное значение, детали метаболизма кремния остаются до конца неизученными (Martin, 2013; Price et al., 2013). Считается, что потребность человека в Si соответствует величинам от 9–14 до 20–30 мг/сутки (Авцын и др., 1991; Оберлис и др., 2008).

В исследованиях, касающихся биологического влияния кремния, подчеркивается положительное влияние на организм. Отмечено, что кремний принимает участие в синтезе коллагена, эластина, гликозаминогликанов, придающих упругость и прочность соединительной ткани, участвует в минерализации костной ткани, необходим для формирования основного вещества хряща и кости, укрепляет стенки сосудов. Указывается положительное действие на кожу, ногти и волосы. Дефицит кремния может приводить к дефектам суставам, патологическим изменениям хрящевой ткани (Рахманин и др. 2017). Считается, кремний уменьшает накопление алюминия, снижая риск развития болезни Альцгеймера, препятствует развитию атеросклероза (Авцын и др., 1991; Оберлис и др. 2008; Мансурова и др., 2009; Jurkić et al., 2013; Martin, 2013; Price et al., 2013; Garcimartín et al. 2014; Farooq, Dietz, 2015).

Остается открытым вопрос о отнесении кремния к эссенциальным элементам (Рахманин и др., 2022). Многие зарубежные исследователи кремния не рассматривают его как эссенциальный элемент, при этом подчеркивают важную роль в образовании, росте, поддержании оптимального состояния всей соединительной ткани в организме. Высказываются мнения, что кремний для костной ткани является эссенциальным элементом у животных и человека (Jugdaohsingh, 2007; Price et al., 2013; Jurkić et al., 2013).

Никель (Ni). Никель участвует в функционировании и структурной организации нуклеиновых кислот, гормонов, белков. Отмечена прямая связь дефицита Ni и увеличение выведения Fe и Ca из организма. Сочетанное нарушение обмена Ca и Ni способствует торможению всасывания Zn, замене в костной ткани Ca на Mg. Недостаток Ni может быть причиной выкидышей и оказывает отрицательное влияние на способность к оплодотворению. Сочетанный дефицит железа и никеля способствуют формированию анемия (Смирнова, Герасимова, 2018). Отмечено, что у мужчин с бесплодием Zn, Ni и Sn снижают общий тестостерон и соотношение тестостерон/лютеинизирующий гормон (Wang et al., 2016).

Свинец (Pb). В номенклатуре ВОЗ и программе глобального мониторинга тяжелые металлы причислены к наиболее опасным загрязнителям окружающей среды. При этом особое внимание принадлежит высокотоксичному кумулятивному политропному элементу, относящемуся к элементам первого класса токсичности – свинцу и его производным (Брин и др., 2008; Овсянникова и др., 2013; Чурилов и др., 2011; Kondratiuk et al., 2016).

Свинец среди токсикантов играет весьма заметную роль, приводит к возникновению разнообразных метаболических расстройств (Халидулина, Давыдова, 2013). В тоже время острые отравления свинцом отмечают редко. Свинец характеризуется быстрым накоплением и медленным выведением из организма (Чурилов и др., 2011). Свинцовая интоксикация отличается длительным отсутствием выраженных клинических симптомов, при этом происходящие органические и функциональные повреждения в органах и системах часто являются необратимыми (Брин и др., 2012; Байдаулет и др., 2013; Rinsky et al., 2018).

В организме накопление и выведение свинца происходит не однородно. Кости, мягкие ткани и кровь являются основными депо, которое служит источником длительной интоксикации. При этом 80–90 % поступившего в организм свинца накапливается в костях, 5–10 % приходится на мягкие ткани, 1–2 % – на кровь. Период полувыведения из мягких тканей и крови составляет около 25–40 суток, из костей скелета – более 10 лет (Bernard, 1977).

Анемия является одним из главных симптомов воздействия свинца на организм, ее развитие зависит от содержания соединений металла в крови (Ibrahim et al., 2011). Свинец вызывает развитие дефицита железа, конкурентно нарушая его всасывание в желудочно-кишечном тракте. Свинец приводит к ингибированию феррохелатазы, снижению синтеза гема, что приводит к развитию гемолиза (Ahamed et al., 2005; Patrick, 2006).

Кумуляция токсичных элементов в организме, в частности свинца, может приводить к нарушению обмена цинка (Тиньков и др., 2023). При хронической интоксикации свинцом характерно увеличение тяжести и частоты инфекционных

заболеваний, это связано с подавлением иммунорегуляторной активности Т-лимфоцитов и, соответственно, негативным воздействием токсиканта на иммунитет. Таким образом возникает иммунодефицит или происходит усиление аутоиммунных реакций. Отмечено увеличение частоты респираторных заболеваний у лиц, имевших в производственных условиях контакт со свинцом, при этом содержание в крови токсического элемента превышало 21–90 мкг % (Mishra et al., 2006). Отмечена прямая связь между содержанием тяжелых металлов в организме и неалкогольной жировой болезни печени (Tinkov et al., 2021).

Кадмий (Cd). Кадмий входит в группу тяжелых металлов. Оказывает антагонистическое влияние на цинк в организме (Erdem et al., 2016). Установлена связь между увеличением риска развития сахарного диабета и уровнем кадмия в моче (Li et al., 2017). Выявлено, что Cd оказывает тератогенный эффект (Hu et al., 2016), препятствует поступлению в организм других соединений (Zhang et al., 2016). Среди женщин с гипотиреозом Хашимото и тиреоидитом отмечено токсическое влияние Cd на замещение L-тироксина, параллельно с этим установлено положительное воздействие Se и Cu на функцию щитовидной железы (Rasic-Milutinovic et al., 2017). Имеются сведения, что Cd^{2+} способен выполнять функцию в биологических системах аналогичную Ca^{2+} в процессе взаимодействия со специальными Ca-связывающими белками (Бондарь, 1997).

Избыток поступающего в организм Cd аккумулируется в печени, почках, сердце, легких, мозге и других тканях (Winiarska-Mieczan, 2015), это может являться фактором, приводящим к формированию новообразований (Liu et al., 2014; Zhang et al., 2016). Так установлена взаимосвязь накопления Cd в опухоли молочной железы и гистологическим типом, стадией новообразования прогрессирующим процессом (Jablonska et al., 2017). У детей в постнатальном периоде Cd может вызывать задержку психического развития, так как способен проявлять нейротоксический эффект (Rodríguez-Barranco et al., 2014). Повышение уровня Cd в организме часто сопровождается недостатком Cu (Erdem et al., 2016). Длительное поступление Cd в организм сопряжено с параллельным накоплением

Li, Sn. Дополнительное назначение Se препятствует накоплению Cd (Zhang et al., 2016).

Ртуть (Hg). Ртуть постоянно присутствует в живых организмах и окружающей среде (Майстренко и др., 1996; Петросян, 2007; Малов, Александрова, 2009; Егоров и др., 2014). Ртуть является кумулятивным высокотоксичным ядом, поражающим нервную, кроветворную, ферментативную системы и почки (Башкин, 2004; Моисеенко и др., 2004; Скальная, Нотова, 2004; Шилов и др., 2006; Clarkson, Magos, 2006; Ким, Шпанько, 2009; Савченков, 2010; Лыжина и др., 2012). Ее химическая формула оказывает сильное влияние на токсическое действие (Агаджанян и др., 2001; Kaim, Schwederski, 1994; Clarkson, Magos, 2006). Нарушение деятельности почек вызывают неорганические соли двухвалентной ртути, при этом на деятельность центральной и периферийной нервной систем воздействует в основном метил ртуть.

Считается, что жители приморских территорий, традиционно употребляющие морепродукты в пищу, отличаются повышенным содержанием ртути (Бацевич, Ясина, 1889; Куценогий и др., 2010; Зорина, Бацевич, 2011; Бужилова и др., 2013; Galster, 1976; Alfassi, 1994; Batzevich, 1995; Nylander, Goodsite, 2006; Bonefeld-Jorgensen, 2010). В морепродуктах ртуть находится в виде токсичной метилртути (Smith, Armstrong, 1975; Таций, 2013; Egeland et al., 2009).

Ртуть из организма выводится очень медленно, но пути выведения различны: почки (40 %), слюнные железы (20–25 %), желудочно-кишечный тракт (18–20 %). По различным оценкам (Шилов и др., 2006; Gorbunov et al., 2012), в организме человека находится 10–15 мг ртути.

Согласно информации Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ) и FAO, токсическое действие на организм проявляется при поступлении 0,4 мг/сутки, недельная безопасная доза поступления общей ртути составляет 5 мкг/килограмм массы тела. Поступлению 3,3 мкг метилртути на 1 кг массы тела оказывает токсическое действие (Горбунов и др., 2017).

Ртуть способствует развитию аутоиммунных процессов и воспаления, путем экспрессии широкого ряда провоспалительных цитокинов, усиления активности катепсина В, пролиферации лимфоцитов (Pollard et al., 2019). Наиболее восприимчивыми к действию ртути являются клетки кишечника, печени, паренхимы почек, эритроциты, нервные клетки. С этим связана клиническая картина, характерная для ртутной интоксикации: поражения периферической и центральной нервной системы, гепатопатия, нефропатия (Gattineni et al., 2007). Язвенно-некротические энтероколиты и некроз отмечаются со стороны желудочно-кишечного тракта (Сатюкова, 2017).

При ингаляционном пути поступления происходит связывание ртути с форменными элементами и белками крови. С кровью указанный элемент транспортируется в органы-депо токсиканта, наиболее долго ртуть задерживается в ЦНС и тканях печени (Трахтенберг и др., 2006; Марупов, Стопницкий, 2010). Прямое токсическое воздействие оказывает биоаккумуляция ртути в тканях. Также возможно проявление ее отдаленных последствий в виде развития опухолевых заболеваний, эмбриотоксического, тератогенного и мутагенного действия металла (Пономаренко и др., 2007).

1.7. Микроэлементозы – экологообусловленные заболевания биогеохимической природы

В.В. Ковальский рассматривал биохимические и физиологические особенности организмов и геохимическую среду (вода, почва) в единстве (Ковальский, Ермаков, 2019). При этом взгляде обозначаются связи между избытком или недостатком микроэлементов, их соотношениями и состоянием организмов.

В соответствии с В.В. Ковальским, при изменении геохимических факторов биологические реакции организмов могут выражаться в формах:

- эндемических заболеваний;
- толерантности (приспособляемости);

– аномалий развития и гибели организмов (при критической избыточности или недостаточности какого-либо элемента в среде);

– в образовании новых видов, подвидов, рас.

В организме человека содержание микроэлементов является характерным признаком вида и связано с условиями: патологическими и физиологическими (лактация, беременность) состояниями, полом, возрастом, временем суток и года, видом трудовой деятельности человека, условиями труда. Важным условием оптимального функционирования организма является поддержание микроэлементного гомеостаза.

Физиологическая и морфологическая изменчивость организмов, их рост, развитие и размножение зависят от химического элементного состава среды обитания. Патологические изменения в организме человека связаны с дисбалансом в поступлении химических элементов из-за нарушений качества и структуры питания, заболеваниями желудочно-кишечного тракта, природных особенностей региона (химический состав питьевой воды, почвы), условий труда.

Поражение определенных систем органов зависит от характера загрязнения среды. Геохимические воздействия могут приводить к патологическим процессам, которые имеют как особенности, связанные с эколого-географической характеристикой региона, так и общие характеристики. При пониженном поступлении в организм «жизненных» элементов возникают проблемы недостаточности, при контакте с токсичными элементами формируется синдром избытка.

Важно отметить, что признаки интоксикации и недостаточности очень разнообразны. Некоторые элементы, отнесенные к токсичным, в микродозах проявляют свойства жизненно необходимых. В тоже время при определенных условиях эссенциальные элементы могут вызывать токсический эффект, а при других условиях (определенных экспозиции и дозе) проявляются их полезные биогенные свойства.

Болезнями биогеохимической природы обозначают заболевания, вызванные отклонениями нормативных содержаний химических элементов во внешней среде

(Авцын и др., 1983; Скальный, 1999; Сусликов, 2000; Бабенко, 2001; Сапожников, Голенков, 2001; Ермаков, 2013; Кожин, Владимирский, 2013; Ермаков и др., 2018). В ряде стран такие болезни как зоб, флюороз, кариес, аллергии, мочекаменная болезнь, анемии, связаны с конкретными географическим ландшафтам. Выявлено, что условия возникновения этих болезней – избыток или недостаток поступления одного или нескольких элементов.

Эндемические заболевания биогеохимической природы проявляются у жителей определенных биогеохимических провинций. С целью обозначения патологических процессов, связанных с избытком, дефицитом или дисбалансом биоэлементов, академиком А.П. Авцыным предложен термин **«микроэлементозы»**.

Микроэлементозы по происхождению классифицируют на ятрогенные, техногенные и природные.

Ятрогенные микроэлементозы – это синдромы, возникающие вследствие лечения или диагностики болезней препаратами, содержащими микроэлементы (I, Fe, Mg, Li и др.).

В основе техногенных микроэлементозов лежат негативные последствия от производственной деятельности человека. Такие состояния вызываются повышенным содержанием некоторых микроэлементов и их соединений на территории, связанной с производством, добычей полезных ископаемых.

Дисбаланс, избыток или дефицит, микроэлементов, возникающих при воздействии естественной среды обитания, приводят к развитию *природных* микроэлементозов.

Йод-, железо-, медь- и цинкдефицитные состояния являются наиболее распространенными гипомикроэлементозами.

Среди населения в России широко распространены дефициты макро- и микроэлементов. Около 75 % детей и 60 % взрослых можно отнести к группе риска по гипомикроэлементозов. Гипермикроэлементозам подвержено около 1/3 населения, при этом показатель в промышленных районах может достигать 90 % (Скальный, 2004).

Проблема микроэлементозов наиболее остро проявляется в северных регионах России, что связано с их природно-климатическими особенностями. Северные территории характеризуются низким содержанием биогенных химических элементов в почве и природной воде, что формирует биологическую нагрузку и создает условия для нарушений минерального обмена (Таблица 1).

К наиболее распространенным «северным» микроэлементозам относят:

зобная эндемия, патология щитовидной железы (дефицит йода, селена и др.). Зоб (зобная эндемия) – распространенный микроэлементоз, вызываемый не только дефицитом йода, но и дисбалансом других элементов: селена, кобальта, марганца, магния, кальция, меди и др.;

железодефицитные состояния (дефицит железа, магния, фтора, кобальта и др.);

иммунодефицитные состояния (дефицит йода, цинка, селена и др.);

болезни зубов (дисбаланс кальция);

артрозы (избыток или дефицит кальция, стронция, кремния и др.);

гипертоническую болезнь (дефицит кальция, магния);

кардиомиопатия (болезнь Кешана), болезни сердца – дефицит селена;

болезнь Кашина-Бека (Уровская болезнь) – дефицит йода, селена; дисбаланс Ba/Sr и Ca/Sr;

мочекаменная болезнь – (избыток кремния, кальция).

Таблица 1. Нарушения баланса химических элементов у жителей северных регионов России и сопряженные с ними синдромы и болезни*

Изменение содержания элементов	Болезни и синдромы
Mg, Ca (дефицит)	болезни системы кровообращения, инфекционные и паразитарные заболевания, болезни мочеполовой системы у мужчин, болезни органов дыхания
Na, K (избыток)	болезни системы кровообращения, болезни эндокринной системы, расстройства питания и нарушения обмена веществ
Na	психические расстройства и расстройства поведения

(избыток)	
Na, Cu, I (дефицит)	расстройства питания и нарушения обмена веществ, болезни эндокринной системы,
Se (дефицит)	при дисбалансе других элементов селенодефицитная миокардиопатия (болезнь Кешана)
Zn, Se, Mn (дефицит)	новообразования
Zn (дефицит)	болезни органов дыхания
Co, I (дефицит)	расстройства питания и нарушения обмена веществ, болезни эндокринной системы, болезни органов дыхания, кроветворных органов и отдельные нарушения, вовлекающие иммунный механизм, болезни крови

*– Международная статическая классификация болезней и проблем, связанных со здоровьем (МКБ–10).

Север относят к территориям, на которых отмечены масштабные нарушения минерального обмена. Таким образом, северные регионы являются полиэлементной биогеохимической провинцией, что представляется возможным фактором риска ухудшения здоровья населения. Изучение элементного статуса населения и биогеохимических особенностей территорий относится к важнейшим научным задачам, а полученные результаты исследований могут служить основой для разработки рекомендаций по профилактике эндемических заболеваний.

ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

2.1. Характеристика объектов, методов и структуры исследования

Исследование проведено на приморской территории Магаданской области. Объекты, методы и структура исследования представлены в таблице 2. Оценен элементный статус представителей этнодемографических групп (аборигены, метисы, пришлые жители): 513 человек в возрасте 18–35 лет ($23,6 \pm 6,2$ лет). Все исследуемые были проинформированы о предстоящем исследовании, и дали письменное согласие на участие в проведении исследования: анкетировании, забора волос и их химического анализа. До всех участников доведены результаты микроэлементного анализа и даны практические рекомендации по коррекции индивидуального элементного статуса.

Таблица 2. Общая характеристика, объем и методы исследования

№ п/п	Направления исследований	Количество проб	Методы исследований
1	Определение содержания микро- и макроэлементов в волосах	513	масс-спектрометрия с индуктивно связанной плазмой (ИСП-МС); атомно-эмиссионная спектрометрия (ИСП-АЭС)
2	Определение содержания химических элементов в питьевой воде	231	атомно-абсорбционная спектрометрия с электротермической атомизацией (ААСЭТА); капиллярный электрофорез (КЭ)
3	Определение содержания кадмия, свинца, ртути в пищевых продуктах	119	инверсионная вольтамперометрия (ИВ); непламенный атомно-абсорбционный метод

Протокол обследования одобрен комиссией по биоэтике Федерального государственного учреждения науки Институт биологических проблем Севера Дальневосточного отделения РАН (этический протокол № 001/023). Исследование выполнено в соответствии с принципами Хельсинкской декларации (2013), Федеральным законом от 21.11.2011 г. № 323-ФЗ «Об

основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации», Федеральным законом от 27.07.2006 г. № 152-ФЗ «О персональных данных».

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 в Магаданской области) (n=200). Установление этнической принадлежности проводили путем анкетного опроса исследуемых: изучены фамильные родословные по отцовской и материнской линии.

В качестве субстрата для исследования элементного профиля жителей использованы волосы. Это обусловлено тем, что концентрация биоэлементов в жидких средах, например, в крови, характеризует кратковременные по экспозиции и значительные по степени отклонения изменения элементного статуса.

Наиболее информативными для определения элементного профиля и диагностики нарушений минерального обмена являются ткани или органы, которые вовлечены в процессы «хранения» (депонирования) и «аккумуляции» (концентрирования) биоэлементов. Твердые ткани, в частности волосы, отражают биоэлементный статус, формирующийся в течение длительного времени: месяцы, годы (Скальный, 2004).

Определение биоэлементов в волосах является широкодоступным, информативным и неинвазивным методом, который позволяет выявлять уровни химических элементов в организме. Многие исследователи отмечают корреляционную связь между элементным профилем внутренней среды организма и химическим составом волос (Сусликов, 2000; Скальный, 2004; Гресь и др., 2013).

Химический анализ исследуемого биосубстрата проведен в ООО «Микронутриенты» (г. Москва). В ходе измерений содержания химических элементов использованы методы атомно-эмиссионного (АЭС-ИСП Optima 2000 DV (PerkinElmer, США) и масс-спектрального (МС-ИСП Elan 9000 (PerkinElmer Sciex, США) анализа с индуктивно-связанной плазмой.

Сбор материала проводили в весенне-летний период: с апреля по июнь. Образцы волос получали при состригании прядей на всю длину с затылочной части головы в количестве не менее 0,1 г. Состригание производили, обработанными в этиловом спирте ножницами из нержавеющей стали. Для хранения использовали обычные бумажные конверты. Хранение осуществляли в сухом месте при комнатной температуре.

Для исследования использовали проксимальные части пряди волос длиной 1-2 см. В соответствии со средней скоростью роста волос эта часть, свидетельствует о состоянии обмена биоэлементов в организме в течение предшествующих нескольких месяцев. Кроме того, проксимальный конец пряди меньше подвергаются дополнительному загрязнению из внешней среды без непосредственного поступления в организм. Пробоподготовку и анализ образцов волос проводили согласно методическим указаниям (МУК 4.1.1482-03, МУК 4.1.1483-03).

Проведение химического анализа волос. Обезжиривание образцов волос осуществляли с применением ацетона квалификации «особо чистый» («осч»). При этом волосы обрабатывали ацетоном в течение 10-15 мин, с последующим трехкратным промыванием деионизованной водой. Далее пробы сушили до воздушно-сухого состояния при 60 °С.

В ходе пробоподготовки к навеске образца (50 мг) добавляли концентрированную азотную кислоту (5 мл; квалификация реактива «осч»). Проводили дальнейшую обработку пробы, применяя систему микроволнового разложения торговой марки Multiwave 3000 (PerkinElmer–A. Paar, Австрия). Растворенную пробу, полученную после микроволнового разложения, вносили в пробирки и добавляли к ней деионизованную воду (общий объем в пробирке – 15 мл), после этого проводили аккуратное перемешивание. Параллельно готовили раствор холостой пробы с выполнением всех указанных этапов пробоподготовки, за исключением этапа взятия навески.

В ходе химического анализа определяли содержание 25 химических элементов: Са (кальций), Mg (магний), P (фосфор), К (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).

ИСП-МС используется для определения микро- и ультрамикроэлементов в биосубстратах. В основе метода лежит ионизация атомов и, следующее за этим разделением ионов в зависимости от отношения заряда к массе иона. Регистрация сигнала в модели ELAN 9000 осуществляется с применением электронного умножителя, который может работать в аналоговом режиме и в режиме счета импульсов.

Градуировка оборудования осуществлялась с применением моноэлементных стандартных растворов (PerkinElmer, США) (Nardi et al., 2009; Griboff et al., 2017).

Контроль качества определения содержания химических элементов в пробе проводили, используя референтный образец GBW09101 (Шанхайский институт ядерных исследований, КНР).

2.2. Исследование санитарно-гигиенических показателей воды г.

Магадана

Проанализированы данные лабораторных исследований по санитарно-химическим показателям питьевой воды, проведенные нами на базе ИЛЦ ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Магаданской области». Всего проанализированы результаты исследования 231 проб. Отбор образцов воды производили из распределительной сети г. Магадана в весенний (с марта по май) и осенний (с сентября по ноябрь) периоды 2016 г. 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. Проведение химического анализа осуществлялось на приборах: анализатор «Капель», спектрометр атомно-абсорбционный с электротермической атомизацией «КВАНТ.Z».

Проведен анализ химического состава воды г. Магадана на базе лаборатории ООО «Микронутриенты» (г. Москва). Определены 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). Используются методы атомно-эмиссионной спектрометрии (АЭС-ИСП) и масс-спектрометрии (МС-ИСП) с индуктивно связанной плазмой. Отобраны пробы воды из природных источников в окрестностях города (три родника) и питьевой воды из централизованной сети (поверхностные воды). Период проведения анализа: лето (июнь) и зима (январь) 2020 г.

Для забора воды из централизованной сети ее сливали из кранов в течение десяти минут. С момента взятия проб воды до начала химического анализа вода хранилась в пластмассовых контейнерах при температуре +3...+5 °С.

2.3. Исследование санитарно-гигиенических показателей пищевых продуктов г. Магадана

Проанализированы данные лабораторных исследований по санитарно-химическим показателям по пищевым продуктам, проведенные нами на базе санитарно-гигиенической лаборатории ИЛЦ ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Магаданской области» в период с 2014 по 2016 гг. Всего исследовано 129 проб. Отбор проб пищевых продуктов осуществлялся от местных производителей, продукты из других регионов России исключены из исследования. Во всех пробах определены концентрации свинца, кадмия, ртути. Металлы определяли методом инверсионной вольтамперометрии на анализаторе вольтамперометрическом ТА-4 (ООО «Научно-производственное предприятие «Томьаналит», г. Томск), непламенным атомно-абсорбционным методом анализа микропроб на анализаторе ртути «Юлия-2М» (ПО «Старт», г. Заречный).

2.4. Методы статистического анализа содержания химических элементов

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).

Статистический анализ полученных данных спектрального анализа образцов волос проведен в несколько этапов. Проанализировано содержание 18 элементов: Ca, Mg, P, K, Na, Fe, Zn, Cu, Mn, Co, Cr, Se, I, Si, Ni, Cd, Pb, Hg. Первый этап: сравнение содержания биоэлементов в волосах исследуемых этнодемографических групп с референтными величинами концентраций химических элементов в биосубстратах (Скальный, 2003; Momčilović et al., 2014; Skalny et al., 2015; Momčilović, 2017). Второй этап: оценка метаболической активности анализируемых элементов на основании оценки наиболее информативных коэффициентов соотношений макро- и микроэлементов: Fe/Co, Fe/Cu, Ca/P, Ca/K, Na/K, Na/Mg, Ca/Pb, Zn/Cd (Krupka, Puczkowski, 2004).

В ходе статистического анализа использовали критерий Шапиро-Уилка для оценки соответствия нормальному распределению количественных показателей содержания элементов. Определены максимальное и минимальное значение показателя. Для данных, не характеризующихся Гауссовым распределением, рассчитаны ряд индексов: медиана (Me), значения квартильных интервалов (Q1, Q3). 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 считались статистически значимыми.

ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

3.1. Общая характеристика элементного статуса

Элементный статус человека является важным показателем состояния внутренней среды организма, который может служить маркером как токсической нагрузки, так и дефицита поступления жизненно необходимых элементов, а также может указывать на возможную предрасположенность к развитию элементозов.

Элементный статус во многом определяется совокупностью экзогенных (питьевая вода, продукты питания, воздух) и эндогенных факторов (генетических закрепленные особенности обмена веществ, приобретенные в течение жизни индивидуальные черты минерального обмена). Одним из этапов оценки элементного статуса является определение содержания химических элементов в биологических субстратах организма.

Ранее проведенные исследования микроэлементной обеспеченности жителей северных территорий (Алексеева и др., 1996; Куценогий и др., 2010; Корчина, 2006, 2008, 2009; Луговая, Степанова, 2015; Нестеренко и др., 2018; Степанова, Луговая, 2019) явились базой для дальнейшего изучения особенностей элементного статуса аборигенных жителей Севера, выявления и коррекции нарушений минерального обмена.

Своевременная оценка элементного статуса человека имеет важнейшее значение для профилактики патологических состояний, связанных с дисбалансом макро- и микроэлементов в организме. Игнорирование дефицита биоэлементов может приводит к развитию заболеваний, обозначенных в Международной классификации болезней кодом E 61 «Недостаточность других элементов питания». Указанный код подразделяется на E 61.0 «Недостаточность меди», E 61.1 «Недостаточность железа», E 61.2 «Недостаточность магния», E 61.3 «Недостаточность марганца», E 61.4 «Недостаточность хрома» и т.д. В тоже время в странах Северной Америки и Западной Европы отмечена гиподиагностика. Согласно анализу (Wallace et al., 2013) претензий пациентов к западным врачам количество жалоб на гиподиагностику достигает от 26 до 63 %

от общего количества. Примером такой гиподиагностики может быть игнорирование диагнозов, обозначенных кодами Е 61. Гиподиагностика может приводить к несвоевременной компенсации дефицита минеральных веществ в организме, ухудшению качества жизни человека, ошибкам в назначении лекарственных средств (Громова и др., 2014).

Нами изучено содержание макро- и микроэлементов в волосах представителей этнодемографических групп (аборигенные и пришлые жители) Магаданской области. В таблице 3 показаны полученные в ходе статистического анализа величины накопления макро- и микроэлементов у аборигенных и пришлых жителей: медиана, нижний и верхний квартили, а также статистически достоверные межгрупповые отличия ($p \leq 0,05$).

Таблица 3. Содержание макро- и микроэлементов в волосах жителей Магаданской области (Me; Q1-Q3), мкг/г

Элемент	Аборигены			4. Метисы (n=135)	5. Пришлые жители (n=200)	Межгрупповые отличия ($p \leq 0,05$)
	1. Эвены (n=68)	2. Коряки (n=40)	3. Чукчи (n=70)			
Al	5,1; 2,8-8,5	3,4; 1,9-5,1	6,1; 3,6-9,9	5,7; 3,7-8,4	7,8; 4,3-13,7	1-2, 1-5, 4-5, 2-4, 2-5, 3-5, 2-3
As	0,04; 0,04-0,07	0,04; 0,04-0,06	0,042; 0,039-0,044	0,04; 0,04-0,08	0,05; 0,04-0,09	1-3, 1-5, 2-5, 3-4, 3-5, 4-5
Ca	374,3; 321,4-500,6	365,3; 320,9-479,4	434,0; 307,8-704,3	400,5; 287,0-597,4	289,0; 200,1-481,4	1-5, 2-5, 3-5, 4-5
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	1-5, 3-5, 4-5
Co	0,010; 0,006-0,019	0,008; 0,006-0,016	0,013; 0,008-0,023	0,011; 0,007-0,020	0,009; 0,006-0,015	2-3, 3-5, 4-5
Cr	0,41;0,29- 0,62	0,30; 0,10-0,49	0,35; 0,17-0,55	0,22; 0,13-0,43	0,50; 0,32-0,80	1-4, 3-4, 2-5, 3-5, 4-5
Cu	10,5; 9,4-12,1	10,1; 9,3-11,6	10,4; 8,9-11,7	10,5; 9,3-12,1	10,4; 8,7-11,9	-
Fe	15,4; 9,7-22,2	14,1; 10,6-28,7	15,0; 9,6-22,6	15,5; 11,1-22,5	17,2; 12,3-26,6	3-5, 4-5
K	90,6; 46,4-212,5	85,7; 42,1-241,3	104,8; 42,2-265,1	76,8; 31,3-218,6	60,5; 24,6-144,8	1-5, 3-5
Li	0,012; 0,012-0,021	0,012; 0,009-0,015	0,014; 0,012-0,031	0,013; 0,012-0,044	0,012; 0,012-0,019	1-3, 1-4, 2-4, 2-5, 2-3
Mg	40,2; 30,0-53,5	38,5; 29,3-49,7	40,6; 29,4-57,4	35,5; 27,1-61,3	26,9; 18,7-38,4	1-5, 2-5, 3-5, 4-5
Mn	0,48; 0,30-1,38	0,52; 0,30-0,92	0,74; 0,42-2,04	0,65; 0,34-1,21	0,47; 0,29-0,89	1-3, 3-5, 4-5
Na	183,0; 97,9-397,5	129,3; 39,3-375,4	205,5; 75,5-591,0	141,0; 53,9-365,4	141,1; 61,7-335,6	3-5
Ni	0,18; 0,1-0,33	0,16; 0,09-0,25	0,18; 0,12-0,37	0,17; 0,13-0,27	0,18; 0,13-0,31	-
P	182,3; 166,0-196,2	188,9; 176,3-213,4	179,8; 159,5-215,0	180,0; 154,3-206,5	151,1; 133,3-168,1	1-5, 2-5, 4-5, 2-4, 3-5,
Pb	0,35;	0,28;	0,26;	0,21;	0,22;	1-4, 1-5

	0,20-0,86	0,11-0,68	0,11-0,62	0,11-0,49	0,10-0,51	
Se	0,36; 0,27-0,45	0,42; 0,34-0,53	0,36; 0,30-0,44	0,36; 0,27-0,43	0,37; 0,27-0,49	1-2, 2-3, 2-4, 2-5
Si	29,6; 18,8-45,1	24,6; 16,1-34,7	23,9;13,7- 43,8	28,6; 18,6-45,9	34,5; 21,1-49,3	2-5, 3-5
Sn	0,08; 0,05-0,14	0,06; 0,04-0,18	0,08; 0,04-0,14	0,07; 0,04-0,13	0,09; 0,05-0,16	-
V	0,06; 0,02-0,09	0,03; 0,01-0,09	0,05; 0,01-0,08	0,03; 0,01-0,05	0,07; 0,04-0,16	1-4, 1-5, 2-5, 3-5, 4- 5, 3-4
Zn	180,9; 154,2-206,4	181,2; 157,0-214,6	173,8;156,5- 194,2	184,3; 164,1-215,0	183,7; 160,0-227,8	3-4, 3-5
I	0,49; 0,30-1,27	0,32; 0,29-0,94	0,40;0,30- 0,86	0,39; 0,30-0,73	0,59; 0,32-1,09	2-5, 3-5, 4-5
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	-
B	0,73; 0,40-1,32	0,51; 0,28-1,33	0,93; 0,31-1,88	0,55; 0,31-1,10	0,60; 0,35-1,11	3-4

Примечание: Me – медиана; Q1 – нижний квартиль; Q3 – верхний квартиль.

Для дальнейшего анализа нами взяты сведения о содержании 18 элементов: Ca, Mg, P, K, Na, Fe, Zn, Cu, Mn, Co, Cr, Se, I, Si, Ni, Cd, Pb, Hg.

В таблице 4 представлены данные о распространении дисбаланса биоэлементов среди аборигенных жителей изучаемой территории. Выявлено повышенное накопление в волосах натрия, калия, кремния, железа. Кальций, магний, селен, кобальт, хром, никель находились ниже нормативных величин (Скальный, 2003). В то же время у части исследованных лиц отмечено высокое содержание в волосах йода, цинка, меди, железа, натрия, у других – низкое. Изучение элементного статуса отдельных этнодемографических групп, относящихся к аборигенным жителям, необходимо для уточнения наметившихся тенденций и определения групп риска по элементозам.

Таблица 4. Распространение повышенных и пониженных уровней МЭ в общей группе 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)

Проведен расчет распространенности повышенных и пониженных уровней биоэлементов у аборигенных и пришлых жителей (Таблица 5).

Таблица 5. Распространенность повышенного/пониженного содержания биоэлементов в волосах жителей Магаданской области, %

Элемент		Аборигены			Метисы (n=135)	Пришлые жители (n=200)
		Эвены (n=68)	Коряки (n=40)	Чукчи (n=70)		
Ca*	↑	1,9	0	7,0	5,2	1,9
	↓	50,9	75,0	59,2	61,5	76,8
Ca****	↑	0	0	1,4	0	0
	↓	30,2	46,9	38,0	42,2	61,3
Mg *	↑	1,9	6,3	2,8	8,9	3,2
	↓	43,4	50,0	45,1	57,8	76,1
Mg****	↑	0	0	0	0,7	0
	↓	20,8	28,1	28,2	35,6	51,0
P*	↑	34,0	68,8	45,1	48,9	13,5
	↓	3,8	0	1,4	5,2	22,6
Co*	↑	0	0	1,4	1,5	0,7
	↓	64,2	93,8	85,9	86,7	94,8
Co**	↑	0,0	0,0	1,4	0,7	1,3
	↓	34,0	43,8	25,4	36,3	44,5
Cr*	↑	13,2	9,4	4,2	3,0	11,6
	↓	22,6	53,1	40,9	63,7	23,2
Cr**	↑	37,7	25,0	26,8	16,3	49,7
	↓	11,3	15,6	11,3	11,9	0,6
Se*	↑	0	0	0	0,7	0
	↓	58,5	87,5	95,8	93,3	93,6
Se**	↑	18,9	37,5	15,5	17,0	22,6
	↓	1,9	0,0	0,0	0,0	1,3
Fe*	↑	22,6	37,5	19,7	19,3	27,1
	↓	28,3	21,9	31,0	22,2	10,3
I***	↑	24,5	31,3	28,2	17,8	40,0
	↓	49,1	62,5	64,8	72,6	48,4

Примечание: * – биоэлемент оценен относительно референтных величин (Скальный, 2003); ** – (Скальный, 2015); *** – (Момчилович, 2014); **** – (Момчилович, 2017).

Сравнение содержания кальция, магния, кобальта, хрома, селена, йода, железа с нормативными величинами (Скальный, 2003) выявило общую тенденцию к понижению этих элементов у жителей Магаданской области и возможный риск развития элементозов.

Проведен анализ отличий в содержании химических элементов между различными этнодемографическими группами: эвенями, коряками, чукчами, метисами, пришлыми жителями (Рисунок 1).

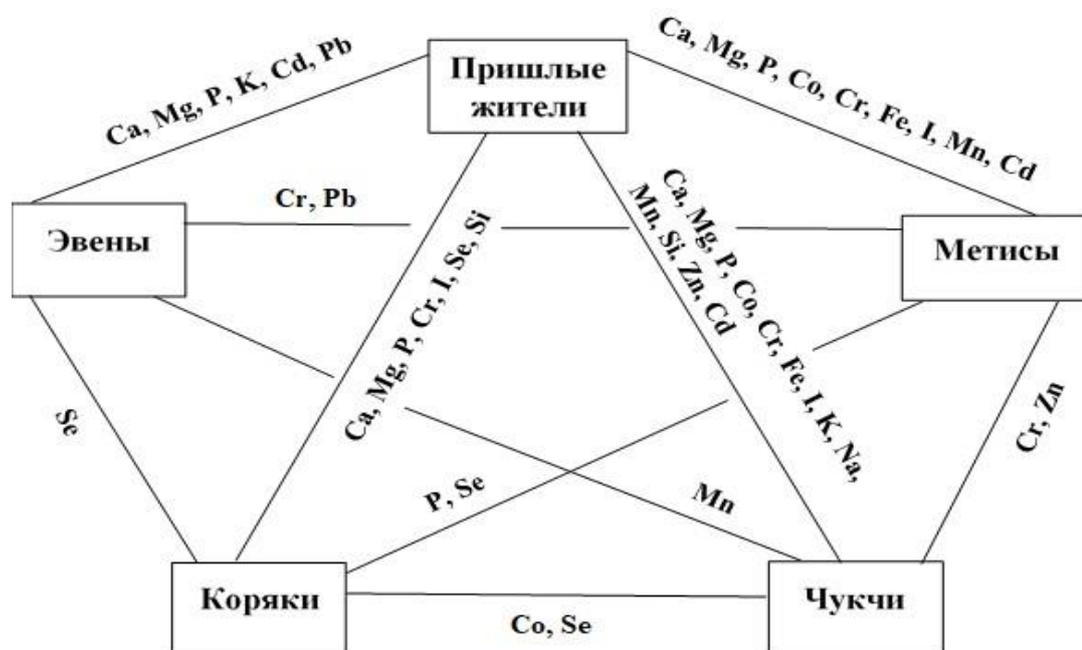


Рисунок 1. Достоверные отличия в содержании биоэлементов между этнодемографическими группами

Наибольшее число отличий по биоэлементам отмечено между пришлыми и аборигенными жителями. Пришлые жители и метисы статистически достоверно отличаются по Ca, Mg, P, Co, Cr, Fe, Mn, I, Cd, пришлые жители и чукчи – Ca, Mg, P, Co, Cr, Fe, K, Na, Mn, Si, Zn, I, Cd, пришлые жители и коряки – Ca, Cr, Mg, P, Se, Si, I, пришлые жители и эвеня – Ca, Mg, P, K, Cd, Pb. Меньшие отличия в элементном обмене выявлены у аборигенных жителей. Эвеня статистически достоверно отличаются от коряков по Se, эвеня и чукчи – Mn, эвеня и метисы – Cr, Pb, коряки и метисы – P, Se, чукчи и метисы – Cr, Zn, коряки и чукчи – Se, Co. Таким образом, коряки, чукчи, эвеня и метисы имеют сходные черты элементного обмена и статистически достоверно отличаются по элементному статусу от пришлых жителей.

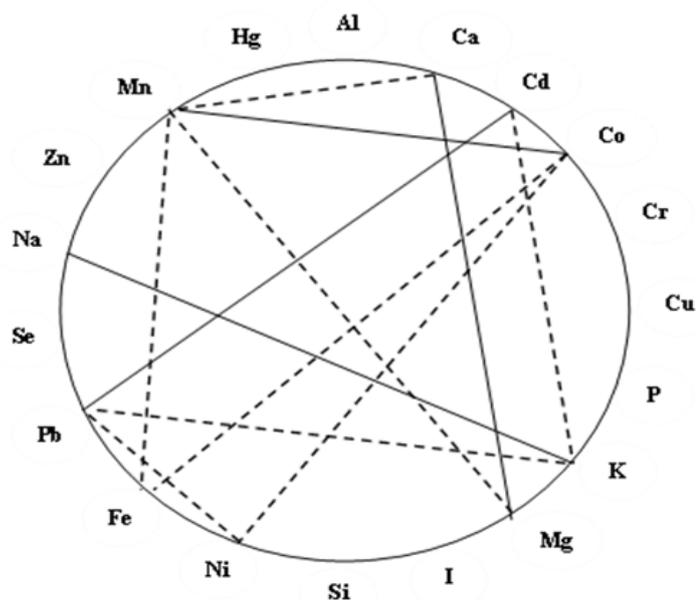
3.2. Степень адаптированности элементной системы организма у аборигенных и пришлых жителей

Оценка корреляционных связей биоэлементов у аборигенных и пришлых жителей Магаданской области

Сохранение гомеостаза является приоритетной задачей всех систем организма, реализуемой с физиологических позиций за счет адаптации к внешним факторам среды обитания. Обеспечение гомеостаза – это обеспечение жизнестойкости организма к изменяющимся условиям, на которые существует возможность адекватного ответа. (Анохин, 1975, 1980; Судаков, 2000).

Согласно теории функциональных систем, П.К. Анохина, структурные компоненты одной функциональной системы запрограммированы на определенный положительный результат, для достижения которого может быть затрачено чрезмерное количество энергии с целью повышения работоспособности задействованных структурных компонентов. Возникновение функциональной системы возможно при достаточном энергетическом потенциале и включении все большего количества важных для этого процесса структурных единиц. Адаптационный процесс может вовлекать большее число функциональных систем организма в условиях более экстремальной среды обитания (Анохин, 1975).

Исследователи отмечают важность поиска возможных корреляций между содержаниями макро- и микроэлементов в биосубстрате (Петухов и др., 2006). В ходе исследования проведен статистический анализ корреляционных связей биоэлементов у аборигенных и пришлых жителей. В группе пришлых жителей (Рисунок 2) отмечены высокие достоверные прямые (положительные) корреляционные связи в парах биоэлементов: Ca-Mg, Co-Mn, Na-K, Cd-Pb, средние прямые (положительные) корреляционные связи: Ca-Mn, Mg-Mn, Fe-Mn, Fe-Co, Co-Ni, K-Cd, K-Pb, Pb-Ni.



**Рисунок 2. Корреляционные связи биоэлементов у пришлых жителей
($p < 0,05$)**

Примечание: — — очень высокая положительная корреляция; — — высокая положительная корреляция; --- — средняя положительная корреляция; связи с коэффициентом корреляции $r < 0,5$ не указаны

В группе метисов (Рисунок 3) определены очень высокая положительная корреляция между биоэлементами Ca-Mg, высокая положительная корреляция — Ca-Mn, Co-Mn, Fe-Mn, Mg-Mn, Na-K, Pb-Cd, средняя положительная корреляция — Ca-Co, Fe-Al, Fe-Co, K-Cd, Na-Cd, Fe-Ni, Na-Ni, K-Pb, Na-Pb, Ni-Pb.

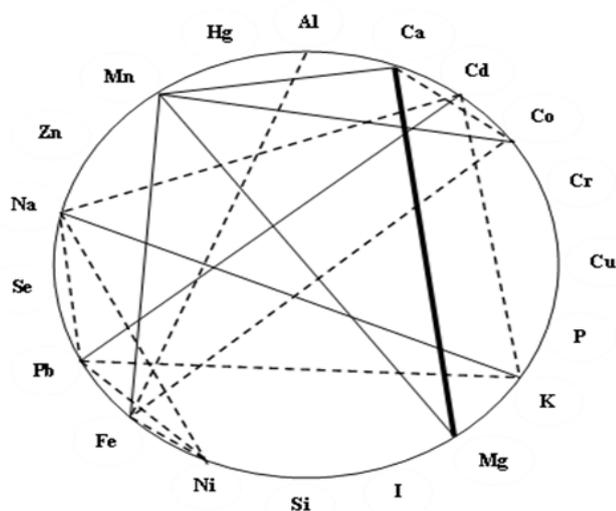


Рисунок 3. Корреляционные связи биоэлементов у метисов ($p < 0,05$)

В группе эвенов (Рисунок 4) выявлены очень высокая положительная корреляция в паре биоэлементов Na-K, высокая положительная корреляция – Fe-Al, Ca-Mg, Co-Mn, Fe-Mn, Pb-Cd, Na-Pb, средняя положительная корреляция – Ca-Fe, Co-Fe, K-Cd, Mg-Fe, Ca-Mn, Mg-Mn, Na-Cd, Na-Cr, Al-Ni, Fe-Ni, Pb-Al, Pb-Cr, Pb-K, Pb-Na, Si-Cr, I-Cr, I-Na.

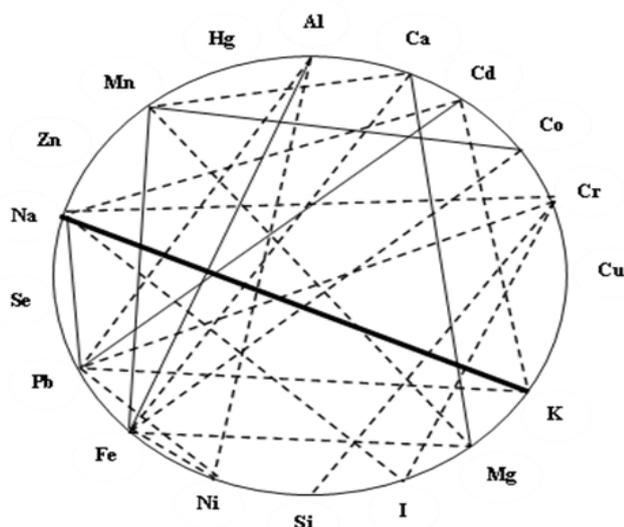


Рисунок 4. Корреляционные связи биоэлементов у эвенов ($p < 0,05$)

Высокая положительная достоверная корреляция в группе коряков (Рисунок 5) определена между биоэлементами Fe-Cr, Ca-Mg, Ca-Mn, Fe-Mn, Mg-Mn, Na-K, Pb-Cd, K-Pb, Na-Pb, Pb-Ni, средняя положительная корреляция – Cd-Al, Ca-Cr, Co-Cr, Ca-Fe, Co-Fe, K-Al, K-Cd, Mn-Cr, Ca-Na, Na-Cd, Na-Cu, Al-Ni, Cd-Ni, Co-Ni, Cr-Ni, K-Ni, Na-Ni, Co-Pb, Cr-Pb, Se-Cr, Se-Na, Ca-Zn, I-Cr.

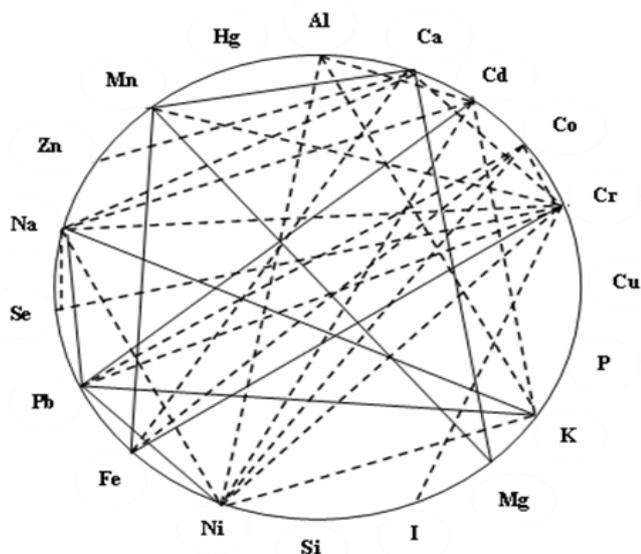


Рисунок 5. Корреляционные связи биоэлементов у коряков ($p < 0,05$)

Высокая положительная достоверная корреляция в группе чукчей (Рисунок 6) определена между биоэлементами Ca-Co, Fe-Al, Fe-Co, Fe-Cr, Ca-Mg, Ca-Mn, Co-Mn, Fe-Mn, Na-K, Co-Ni, Fe-Ni, Pb-Cd, Cr-Pb, K-Pb, Na-Pb, I-Cr, средняя положительная корреляция – Cd-Al, Co-Al, Co-Cd, Cr-Al, Cr-Cd, Cr-Co, Ca-Fe, Fe-Cd, K-Cd, Mg-Mn, Na-Cd, Na-Co, Na-Cr, Na-Fe, Al-Ni, Ca-Ni, Cd-Ni, Cr-Ni, Mn-Ni, Na-Ni, Pb-Al, Co-Pb, Fe-Pb, Mn-Pb, Pb-Ni, I-Ni.

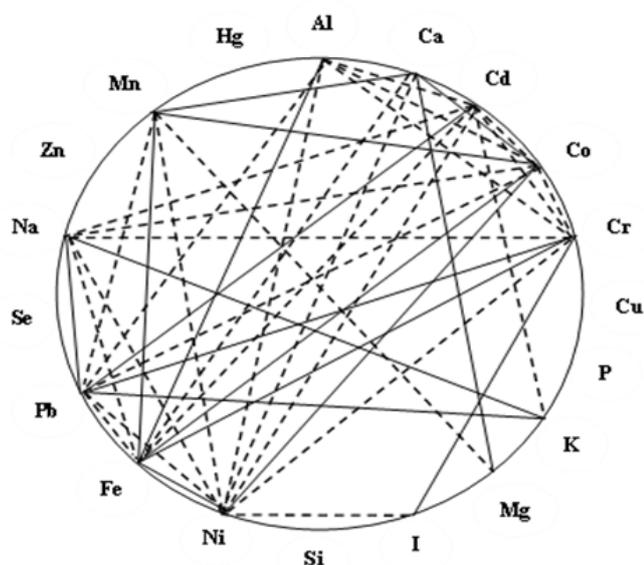


Рисунок 6. Корреляционные связи биоэлементов у чукчей ($p < 0,05$)

Анализ степени адаптированности элементной системы организма

Обеспечение адекватного хода адаптационных перестроек осуществляется за счет физиологических процессов, одним из которых является увеличение числа меж- и внутрисистемных связей, как механизма более надежного функционирования организма (Горбачев и др., 2016). Считается, что другие системы организма берут на себя часть функциональных нагрузок и, таким образом, осуществляется компенсация возникших нарушений, что предупреждает срыв адаптации, выраженные дисрегуляторные эффекты или патологию (Максимов, Бартош, 1999; Сороко и др., 2005). Исследователи отмечали (Gorban et al., 1997) рост числа корреляций между физиологическими параметрами при сильном адаптационном напряжении, и их уменьшение – при благоприятной

адаптации. В линейном выражении отмечается уменьшение количества корреляционных связей при высокой адаптированности к условиям окружающей среды.

В ходе анализа корреляционных диаграмм биоэлементов у аборигенных и пришлых жителей без учета силы связи (Таблица 6) наибольшее количество пар с достоверными связями отмечено в группе чукчей (89), наименьшее у коряков (46). Далее в исследовании были учтены коэффициенты корреляции $r \geq 0,5$.

Таблица 6. Анализ корреляционных диаграмм биоэлементов у аборигенных и пришлых жителей ($p < 0,05$)

Группа	Количество корреляционных пар с достоверными связями	Количество корреляционных пар с разной степенью				
		очень высокой	высокой	средней	слабой	очень слабой
Пришлые жители	80	-	4	8	35	33
Метисы	64	1	6	10	30	17
Эвены	53	1	6	17	29	-
Коряки	46	-	10	23	13	-
Чукчи	89	-	16	26	45	2

Нами рассчитан показатель степени адаптированности элементной системы организма у аборигенных и пришлых жителей (Таблица 7) исходя из количества корреляционных связей между биоэлементами и их силы.

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

$$A = \frac{n * \sum K_k}{N}$$

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).

Таблица 7. Степень адаптированности системы элементного гомеостаза аборигенных и пришлых жителей*

Группа	Показатель		
	n	$\sum K_k$	A
Пришлые жители	12	7,3	8,76
Метисы	17	10,5	17,85
Эвены	24	14,4	24,69
Коряки	33	20	44,00
Чукчи	42	25,5	82,38

Примечание: * – учтены коэффициенты корреляции $r \geq 0,5$; n – количество корреляционных связей между элементами; $\sum K_k$ – сумма коэффициентов корреляции без учета знака; A – степень адаптированности в усл. ед.

Согласно полученным расчетам, наименьший показатель степени адаптированности системы 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.).

К древнейшим этносам северо-восточных палеоазиатов относят чукчей и коряков (Лебединцев, 2008; Хаховская, 2023). Историческое время проживания этих этносов на территории Магаданской области неодинаковое (Хаховская, 2011). Считается, что на территории Северо-Востока России коряки в сравнении с эвенами обосновались в более ранний исторический период. Аборигенное население, особенно коряки и чукчи, отличаются высокими значениями показателя степени адаптированности, вероятно это связано с большей продолжительностью проживания на изучаемых территориях и их лучшей адаптированностью к условиям окружающей среды. В то время как у пришлых жителей и, в меньшей степени, метисов и эвенов отмечены такие значения показателя, которые указывают на напряжение процессов адаптации к изменяющимся экологическим и геохимическим условиям окружающей среды и

сопряженные с ними изменения макро- и микроэлементов в организме (Горбачев, 2017).

3.3. Особенности содержания биоэлементов в зависимости от пола

При оценке элементного состава волос аборигенных жителей рассмотрены особенности содержания биоэлементов в зависимости от пола. Полученные значения представлены в таблицах 8, 9 и 10.

Таблица 8. Достоверные различия в содержании макро- и микроэлементов у эвенов ($p < 0,05$)

МЭ	Мужчины (n=38)			Женщины (n=30)		
	Me	Q1	Q3	Me	Q1	Q3
Cd	0,030	0,014	0,047	0,013	0,004	0,026
Co	0,008	0,006	0,013	0,016	0,007	0,035
K	153,87	61,68	321,88	53,99	25,64	90,62
Mn	0,3590	0,2240	0,6600	0,99	0,44	1,60
Na	300,27	128,55	601,00	105,62	87,94	224,59
Pb	0,46	0,26	0,94	0,25	0,11	0,46

Таблица 9. Достоверные различия в содержании макро- и микроэлементов у коряков ($p < 0,05$)

МЭ	Мужчины (n=17)			Женщины (n=23)		
	Me	Q1	Q3	Me	Q1	Q3
Al	4,81	3,51	8,45	2,99	1,13	4,21
Cd	0,030	0,015	0,048	0,008	0,005	0,022
K	168,00	108,00	520,1	55,26	23,80	99,07
Ni	0,23	0,16	0,39	0,10	0,07	0,18
Pb	0,55	0,28	1,49	0,14	0,09	0,34

Таблица 10. Достоверные различия в содержании макро- и микроэлементов у чукчей ($p < 0,05$)

МЭ	Мужчины (n=26)			Женщины (n=44)		
	Me	Q1	Q3	Me	Q1	Q3
Ca	378,50	288,90	479,49	504,90	367,40	889,15
Cd	0,025	0,013	0,087	0,013	0,007	0,038
K	252,77	138,00	483,36	48,16	31,88	112,09
Mg	35,53	27,39	41,21	49,39	31,41	69,24
Na	348,06	187,00	886,11	112,18	46,21	336,87
P	207,22	177,20	250,00	175,7	157,92	185,16

Pb	0,40	0,21	1,41	0,18	0,08	0,45
-----------	------	------	------	------	------	------

В группе эвенов меду мужчинами и женщинами отмечены статистически достоверные различия между по 6 элементам: кобальту, марганцу, калию, натрию, свинцу и кадмию. Женщины эвены отличаются повышенным накоплением кобальта, марганца, свинца относительно мужчин эвенов. В то же время противоположная тенденция определена по калию, натрию, кадмию, их содержание среди мужчин эвенов повышено. Мужчины эвены имеют больший риск развития элементоза по кобальту.

Статистические достоверные отличия в накоплении калия, никеля, алюминия, свинца и кадмия отмечены между мужчинами и женщинами коряками. Коряки-мужчины отличаются более высоким содержанием калия, никеля, алюминия, свинца в волосах.

Межполовые отличия в группе чукчей установлены по семи биоэлементам: кальцию, магнию, фосфору, калию, натрию, свинцу и кадмию. Более высокое содержание кальция и магния определено у женщин чукчей; фосфора, калия, натрия, свинца и кадмия – у мужчин чукчей. Среди чукчей большему риску развития элементозов по кальцию и магнию подвержены мужчины.

Метисы мужчины и женщины статистически достоверно отличаются по 11 химическим элементам: кальцию, магнию, фосфору, кобальту, марганцу, йоду, железу, калию, натрию, свинцу, кадмию (Таблица 11). Более высокое содержание кальция, магния, кобальта, марганца, йода, железа, кадмия определено у женщин метисов. Повышенный риск развития элементозов кальция, магния, кобальта имеют метисы мужского пола.

Таблица 11. Достоверные половые различия в содержании макро- и микроэлементов у метисов ($p < 0,05$)

МЭ	Мужчины (n=52)			Женщины (n=83)		
	Me	Q1	Q3	Me	Q1	Q3
Ca	295,65	217,50	391,00	524,60	353,80	758,32
Mg	28,90	23,00	37,24	45,69	28,82	93,70
P	194,92	169,60	232,00	163,45	150,41	196,00

Cd	0,029	0,012	0,065	0,012	0,006	0,023
Co	0,010	0,005	0,015	0,013	0,008	0,026
Fe	11,58	8,83	19,32	16,33	12,40	23,33
K	176,52	85,11	386,23	44,78	24,50	125,88
Mn	0,39	0,26	0,69	0,87	0,53	1,93
Na	258,37	133,21	673,70	104,38	37,04	209,60
Pb	0,36	0,19	1,34	0,15	0,09	0,37
I	0,30	0,16	0,46	0,51	0,30	0,90

В группе пришлых жителей межполовые отличия отмечены по 10 химическим элементам: кальцию, магнию, кобальту, хрому, марганцу, железу, калию, натрию, свинцу, кадмию (Таблица 12). Женщины пришлых жителей отличаются более высоким содержанием кальция, магния, кобальта, железа, марганца. Мужчины, вероятно, больше подвержены элементам по кальцию, магнию, кобальту, женщины – по хрому.

Таблица 12. Достоверные различия в содержании макро- и микроэлементов у пришлых жителей ($p < 0,05$)

МЭ	Мужчины (n=92)			Женщины (n=108)		
	Me	Q1	Q3	Me	Q1	Q3
Ca	239,58	179,79	314,50	389,53	252,39	692,28
Cd	0,018	0,010	0,038	0,007	0,004	0,013
Co	0,008	0,003	0,012	0,011	0,008	0,017
Cr	0,76	0,51	1,01	0,37	0,28	0,52
Fe	14,26	11,01	21,64	19,10	13,57	29,43
K	98,66	43,88	174,80	46,38	17,96	87,98
Mg	24,27	16,52	33,69	29,44	19,61	58,73
Mn	0,37	0,25	0,53	0,73	0,39	1,28
Na	191,63	76,82	392,00	106,30	51,12	277,73
Pb	0,41	0,21	0,77	0,15	0,08	0,26

Таким образом, во всех этнических группах (аборигены, метисы, пришлые) общими элементами, для которых установлена достоверная половая дифференцировка, являются кадмий, свинец, а также натрий и калий. Во всех проанализированных случаях содержание этих элементов выше у представителей мужского пола.

Минимальное количество элементов с выраженной половой дифференцировкой отмечено для аборигенных групп. У эвенов выявлено 5 элементов, у коряков – 6, у чукчей – 7. Максимальное количество элементов (11) с выраженной половой дифференцировкой выявлено у метисов. Наиболее близкими к ним по количественному и качественному составу элементов с половой дифференцировкой являются пришлые жители (9 элементов).

У метисов и пришлых жителей, в отличие от аборигенных групп, половая дифференцировка отмечена в отношении кальция, магния, железа, кобальта, марганца. Уровень этих элементов был достоверно выше у лиц женского пола.

Эколого-физиологические особенности названных элементов в разных этнических группах могут предопределять возможность развития соответствующих элементозов.

3.4. Эколого-физиологическая характеристика исследованных элементов

Кальций (Ca)

Кальций является макроэлементом, который связан со многими эндемическими заболеваниями, в частности с «северными микроэлементозами». Считается, что универсальная адаптивная роль принадлежит кальцию (Горбачев, 2011).

Согласно статистическим данным, северные территории характеризуются значительным дефицитом кальция у населения, на отдельных территориях эта величина достигает 100 %. Указанную неблагоприятную тенденцию связывают с несколькими этиологическими факторами: недостатком витамина Д, который приводит к нарушению обмена кальция в организме, недостаточным поступлением биодоступного кальция с пищевыми продуктами и использованием в питьевых целях ультрапресной питьевой воды (Горбачев, Луговая, 2015; Виноградова и др., 2023). Считается, что одной из причин задержки роста и патологии костной ткани является недостаточное поступление с водой в организм остеогенных элементов (Ca, P, Si), участвующих в формировании костной ткани. В

тоже время недостаток поступающих с пищей остеогенных элементов свойственен в основном для кальция (Лукьянчиков, 2012).

Пищевой рацион коренного населения в сравнении с пришлыми жителями отличается более низким содержанием фруктов, фруктовых соков, ягод, овощей, молочных продуктов и Са при неблагоприятном соотношении с фосфором Са: Р (1: 2,5) (Батурин и др., 2019).

Показатели содержания кальция в волосах исследованных групп представлены на рисунке 7. На основании полученных сведений выявлено снижение медианы кальция у эвенов (374,3 мкг/г), коряков (365,3 мкг/г), чукчей (434,0 мкг/г), метисов (400,5 мкг/г) и пришлых жителей (289,0 мкг/г) относительно референтных величин (494–1619 мкг/г) (Скальный, 2003). Так же отмечено снижение нижнего (Q1) квартиля в группе эвенов (321,04 мкг/г), чукчей (307,8 мкг/г), метисов (287,0 мкг/г) и межквартильного (Q1-Q3) интервала у коряков (320,9–479,4 мкг/г), пришлых жителей (200,1–481,4 мкг/г).

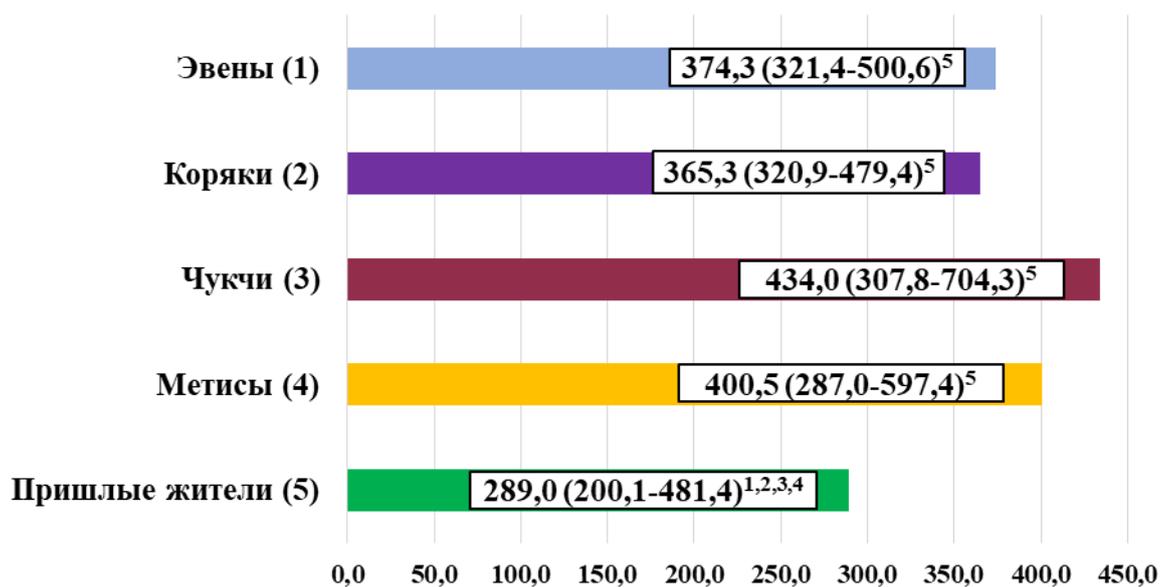


Рисунок 7. Содержание кальция в волосах аборигенов, метисов и пришлых жителей (мкг/г)

Примечание: данные представлены в виде медианы и границ межквартильного интервала (Q1–Q3; 1,2,3,4,5 – достоверные межгрупповые различия ($p < 0,05$)).

Для более детальной оценки элементного статуса аборигенных и пришлых жителей проведено определение процента отклонения содержания химического элемента от референтных значений (Скальный, 2003). Установлено, что более 50 % исследованных жителей имели пониженное содержание кальция в волосах (Таблица 5). Наибольшая часть лиц с дисбалансом кальция приходится на пришлых жителей и корякский этнос. При анализе отклонений относительно референтных величин, указанных Момчиловичем Б. (2017), также отмечен дефицит кальция во всех исследованных группах: эвены (30,2 %), коряки (46,9 %), чукчи (38,0 %), метисы (42,2 %), пришлые жители (61,3 %).

Достоверных отличий в содержании кальция между аборигенными группами (эвены, коряки, чукчи) не установлено (Рисунок 1). Сопоставимое содержание элемента отмечено между аборигенами и метисами. При этом у пришлых жителей показатели кальция достоверно ниже относительно эвенов, коряков, чукчей и метисов. Таким образом, на территории Магаданской области имеется тенденция к дефициту кальция среди населения, при этом наибольшее снижение элемента отмечено у пришлых жителей, которых можно отнести к группе риска развития гипоэлементоза по кальцию.

Дисметаболизм Са может оказывать влияние на сосудистый тонус, сократительную способность миокарда, эндотелиальную функцию, инсулинорезистентность, системное воспаление, липидный обмен, ожирение (Майлян, Коломиец, 2019; Waldman et al., 2015). Недостаток кальция играет роль в развитии патологии сердечно-сосудистой системы (кальцификации клапанов сердца, атеросклерозе, эссенциальной гипертензии) (Потапнев, 2015; Аймагамбетова, 2016; Деева и др., 2021), костной системы.

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).

Магний (Mg)

Жесткость воды зависит от содержания в ней Mg^{2+} и Ca^{2+} , которые оказывают влияние на регуляцию артериального давления в организме. Дисбаланс и дефицит указанных биоэлементов играет роль в развитии таких заболеваний сердечно-сосудистой системы, как гипертоническая болезнь (ГБ). Согласно исследованиям, дефицит магния является первичным звеном патогенеза ГБ (Скальная и др., 2004; Кириллова и др., 2006).

Территории с мягкой водой в среднем на 25–30 % отличаются повышенной заболеваемостью ГБ от других территорий. Отмечена связь высокой заболеваемости АГ в Северо-Западном регионе России с небольшой жесткостью и низкой минерализацией питьевой воды (Журавская и др., 2003). Однако в литературе появляются данные, которые являются отличными от этих сведений. Например, в Японии в ходе проведенного исследования не установлена корреляционная связь между величинами жесткости потребляемой воды и смертности от ишемической болезни сердца (Miyake, Iki, 2004). Согласно результатам проспективного исследования в США, проведенного с участием около 10 тысяч пациентов, отсутствуют отличия в соотношении макроэлементов в рационе питания у лиц с АГ и группой контроля с нормальным уровнем артериального давления (Kisters et al., 2004). Исследование, проведенное А.В. Кирилловой и коллегами (Кириллова и др., 2006) на территории республики Карелия, показало, что в группе лиц с ишемической болезнью сердца определено повышенное содержание сывороточного магния в сравнении с общей популяцией.

Величина содержания магния у аборигенных и пришлых жителей представлена на рисунке 8. Получены данные, указывающие на снижение исследуемого элемента в волосах жителей Магаданской области, так медианы магния у пришлых жителей и метисов составили 26,9 мкг/г и 35,5 мкг/г соответственно меньше референтных величин (494–1619 мкг/г) (Скальный, 2003). Медиана магния у коряков (38,5 мкг/г) советует нижней границе указанных референтных величин. Во всех группах определено снижение нижнего квартиля Q1: эвены (30,0 мкг/г), коряки (29,3 мкг/г), чукчи (29,4 мкг/г), метисы (27,1 мкг/г),

пришлые жители (18,7 мкг/г). В группе пришлых жителей также снижен верхний квартиль Q3 относительно референтных величин.

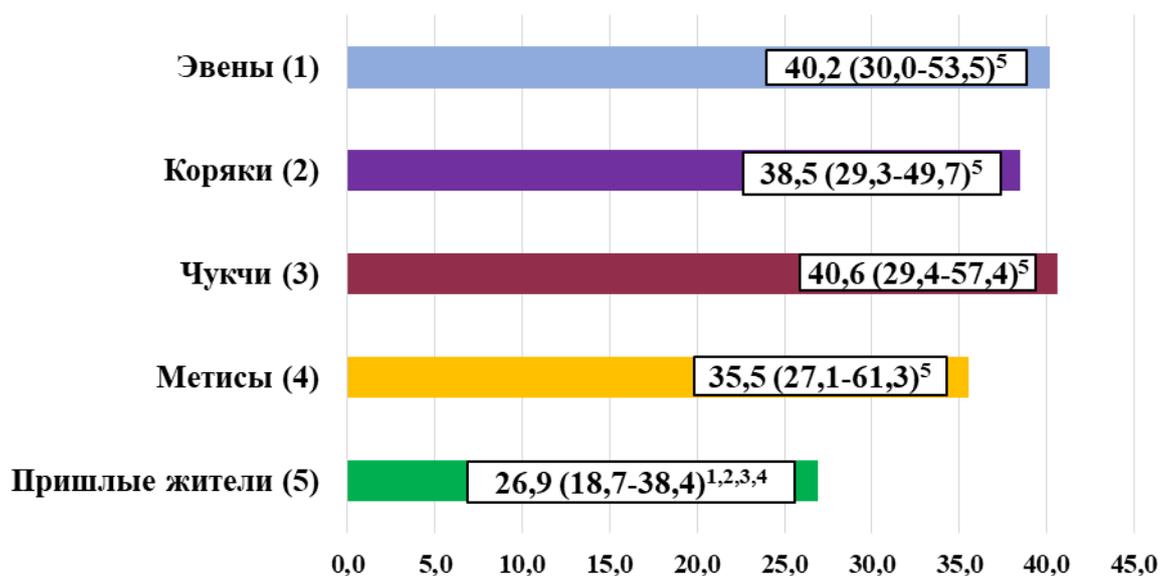


Рисунок 8. Содержание магния в волосах аборигенов, метисов и пришлых жителей (мкг/г)

Наибольший процент отклонения относительно референтных величин (Скальный, 2003) отмечен в группе пришлых жителей (76,1 %). В группах аборигенных жителей процент пониженного содержания магния составляет: эвены (43,4 %), коряки (43,4 %), чукчи (50,0 %), метисы (45,1 %). При сопоставлении полученных концентраций магния в волосах относительно референтных величин, указанных Б. Момчиловичем (2017), дефицит магния определен у меньшей доли исследованных: эвены (20,8 %), коряки (28,1 %), чукчи (28,2 %), метисы (35,6 %), пришлые жители (51,0 %).

Содержание магния в группах аборигенных жителей, метисов было на сопоставимом уровне. Установлено достоверное снижение макроэлемента у приезжих жителей относительно эвенов, коряков, чукчей и метисов. Таким образом, приезжие жители наиболее подвержены дефициту магния и входят в группу риска развития гипозементоза по указанному элементу.

Недостаток магния в организме связывают с повышенным риском развития сердечно-сосудистых заболеваний (артериальной гипертензией, нарушений ритма сердца, инфаркта миокарда), инсульта (Громова, Никонов 2002; Шилов, Князева, 2013; Мубаракшина, Сомова, 2014; Шилов, Осия, 2014; Янковская, 2015; Акарачкова, 2020), нарушениями структуры костей (остеопороз и др.) (Дедух, Побел, 2013; De Francisco, Rodriguez, 2013; Громова и др., 2014).

Исследователи отмечают, что треть случаев гипомagneмии сочетается с гипокальциемией. Небольшое уменьшение содержания магния может приводить к значительному уменьшению уровня кальция в плазме крови (Fatemi et al., 1991). Считается, что дополнительный прием витамина Д и кальция не окажет положительного корректирующего эффекта на гипокальциемию, вызванную недостатком магния. В тоже время такая гипокальциемия может быть откорректирована приемом магния (Янковская, 2015).

Фосфор (P)

Соединения фосфора (фосфаты), содержащиеся в питьевой воде, относят к трудноусвояемым веществам. Также повышенное поступление в организм его антагонистов – Fe, Mg, Ca может приводить к дефициту фосфора (Скальный, Рудаков, 2004). При этом у населения приморский территорий значительную часть пищевого рациона могут составлять продукты, с высоким содержанием фосфора (рыба, морепродукты).

Медианы фосфора по всех исследованных группах (Рисунок 9) находились в пределах референтных величин 120–200 мкг/г (Скальный, 2003). Отмечено повышение верхнего квартиля (Q3) квартиля у коряков (213,4 мкг/г), чукчей 215,0 мкг/г), метисов (206,5 мкг/г).

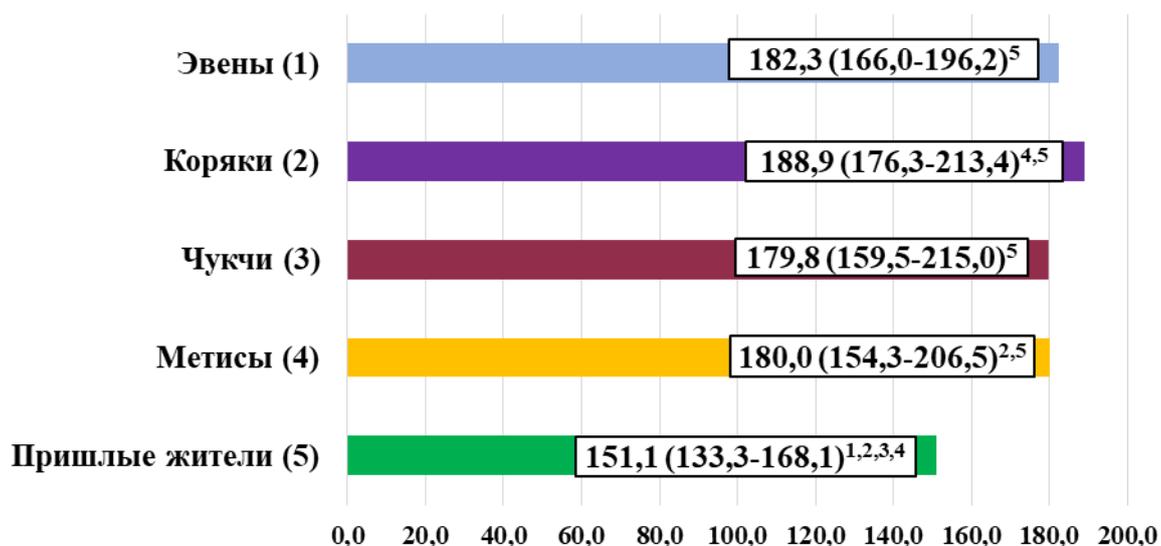


Рисунок 9. Содержание фосфора в волосах аборигенов, метисов и пришлых жителей (мкг/г)

Содержание фосфора в группе пришлых жителей достоверно ниже относительно аборигенов и метисов. Достоверных отличий в содержании элемента между коряками, эвенами, чукчами и метисами не отмечено.

Более высокое накопление фосфора в волосах аборигенных жителей может быть связано традициями питания коренных народов севера (потребление рыбы и морепродуктов) и адаптацией организма аборигенов к низкоминерализованной питьевой воде.

Таким образом, отмечен недостаток фосфора у пришлых жителей Магаданской области, что указывает на риск развития у них элементароза.

Сочетанный дефицит фосфора и магния способствует ускоренной потере костной массы, остеопорозу, длительному сращению переломов при травме (Schaafsma et al., 2001; Lakhkar et al., 2013; Громова и др., 2014).

Низкая обеспеченность пришлых жителей кальцием, магнием и фосфором предполагает повышенный риск развития у них элементарозов, которые связаны со структурно-функциональным нарушением костной ткани (рахит, артрозы, остеопороз). В тоже время более высокие содержания кальция, магния и фосфора у аборигенных жителей подтверждают данные литературы об адаптации

северных этносов к слабоминерализованной питьевой воде, и высокой минерализации скелета арктических популяций (Бужилова и др. 2013).

Калий и натрий (K и Na)

Калий и натрий необходимы для поддержания водно-солевого баланса и осмотического давления, в генерации и проведении нервных импульсов в тканях (Оберлис и др., 2008). Отмечена тенденция к повышению калия и натрия при пребывании человека в состоянии хронического стресса не зависимо от его этиологии (Агаджанян, Нотова, 2005). Существенное снижение калия часто связано с состоянием физического и психического истощения. Миграция жителей в дискомфортные климатогеографические условия Севера из средних широт вызывает синдром полярного напряжения. Важным его проявлением является психоэмоциональный стресс, который относят к механизму адаптации организма и истощения адаптивных резервов экстремальных условиях (Young, Makinen, 2010; Tchernyak et al., 2012).

По нашим данным, значения медиан калия и натрия (Рисунок 10) во всех исследованных группа находились в пределах референтных величин (29–159 мкг/г и 73–331 мкг/г соответственно). По сравнению с референтными величинами у аборигенных жителей (эвенов, коряков, чукчей) и метисов отмечено повышение верхних квартилей (Q3) калия и натрия. В группе пришлых жителей отмечено снижение нижнего квартиля (Q1) натрия и калия и повышение верхнего квартиля (Q3) натрия относительно референтных величин.

Статистически достоверных отличий показателей содержания калия и натрия между аборигенными группами, метисами не выявлено (Рисунок 2).

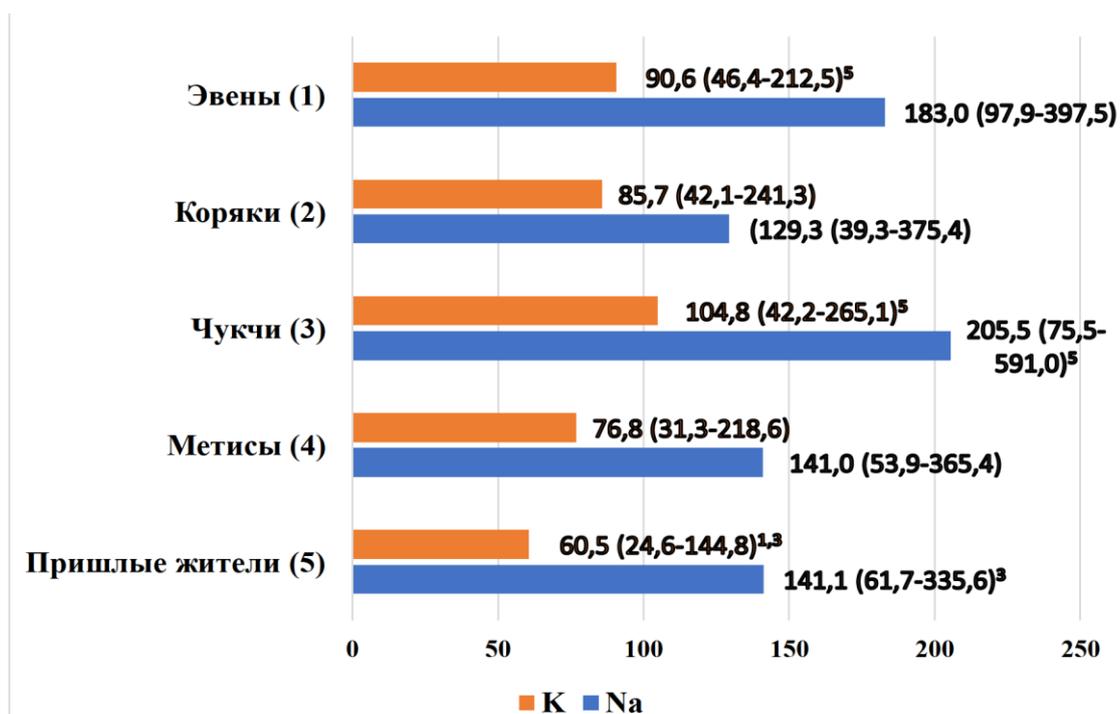


Рисунок 10. Содержание К, Na в волосах жителей (мкг/г)

Достоверные различия по содержанию калия и натрия отмечены только между пришлыми жителями и чукчами, по натрию – между пришлыми жителями и эвенами. Исходя из вышеуказанного, среди исследованных групп максимальные содержания калия и натрия определены у аборигенов и метисов, что может указывать на напряжение у них приспособительных реакций и проявление стрессорных реакций, вызванных действием негативных эколого-социальных факторов. В ходе анализа содержания элементов в волосах признаков, указывающих на возможное развитие элементозов по калию и натрию не выявлено.

Железо (Fe)

Увеличенные расход биоэлементов и энергообмен специфичны для человека при проживании его в условиях северных широт. При продолжительном пребывании в условиях Севера может формироваться акклиматизационный дефицит эссенциальных макро- и микроэлементов, в частности, магния, кальция, селена, железа.

Основное место в акклиматизационном дефиците принадлежит Fe. Установлено, что среди жителей Севера высокая частота железодефицитных состояний является следствием высокого расхода железа, по причине нарастания катаболических и анаболических процессов под влиянием экстремальных условий экологической среды, прежде всего холода (Авцын, Жаворонков, 1986; Захарченко и др., 1996; Горбачев и др., 2007; Ковальчук, 2015; Никанов и др., 2020). В ходе продолжительного воздействия низких температур на территории северных регионов у жителей снижается содержание гемоглобина и относительный объем эритроцитов. Это явление связывают с акклиматизационным дефицитом железа и называют «полярная анемия» или «холодовая болезнь» (Агаджанян и др., 1998). В тоже время противоречивым является устойчивое содержание Fe у коренных жителей. Согласно имеющимся данным, статус железа является отличительной характеристикой элементного статуса аборигенных жителей, проживающих на удаленных северных территориях (Север Европы, Европейский, Азиатский и Сибирский Север России) (Журавская и др., 2003; Горбачев и др., 2008; Gorbachev et al., 2013). У приезжих жителей содержание железа оказалось ниже относительно аборигенов севера. Указанную тенденцию связывают с традиционным питанием аборигенов, содержащим большое количество белка животного происхождения (мясо морского зверя, оленя) (Алексеева и др., 1996; Максимов, 2009; Горбачев, 2020). Возможно, что сохранение уровня Fe у аборигенных жителей обеспечивается физиологической адаптацией к воздействию экологической среды – пониженных температур.

Во всех исследованных этнодемографических группах содержание железа находилось в пределах референтного интервала (Рисунок 11). Это согласуется с ранее полученными сведениями: у коренных жителей севера адекватный уровень железа обеспечивается традиционным питанием (дикоросы, мясо северного оленя) (Луговая, Максимов, 2007). В тоже время в процентном отношении на популяционном уровне низкие показатели железа отмечены у 30 % аборигенных жителей. Вероятно, это связано с изменением их традиционного питания.

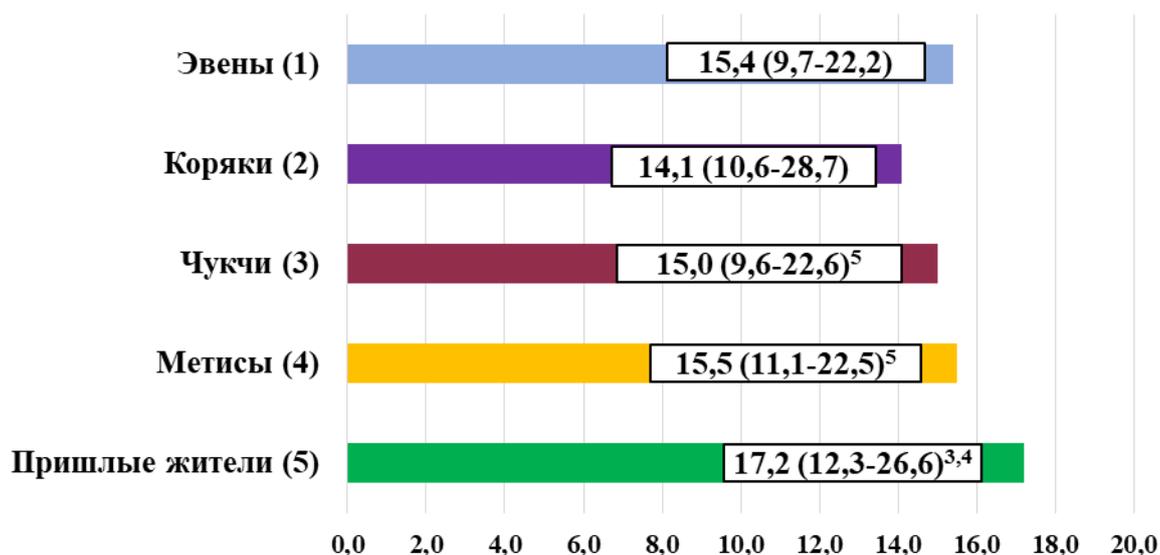


Рисунок 11. Содержание железа в волосах аборигенов, метисов и пришлых жителей (мкг/г)

Пришлые жители отличаются максимальным содержанием железа в волосах, его медиана достоверно превышала аналогичный показатель у метисов и чукчей. Таким образом, пришлые жители отличаются большим функциональным резервом по обеспечению оптимальной кислородной емкости крови, уровня гемоглобина и реакций иммунной системы.

Выявленное низкое содержание железа в волосах части аборигенных жителей подтверждает данные литературы о распространении железодефицитных состояний среди аборигенов Северо-Востока России.

Кобальт (Co)

Биоэлемент играет роль в процессах утилизации токсичных элементов, окислительно-восстановительных реакциях, влияет на синтез белка, биосинтез миелина. Нормальный обмен кобальта, железа, меди – важное условие для протекания гемопоэза.

Нами отмечено снижение кобальта во всех исследованных группах. Так медианы элемента у эвенов (0,010 мкг/г), коряков (0,008 мкг/г), чукчей (0,013 мкг/г), метисов (0,011 мкг/г), пришлых жителей (0,009 мкг/г) были ниже

рефератных величин (0,04–0,16 мкг/г). Так же определено снижение межквартильного (Q1–Q3) интервала кобальта ниже границ нормы: эвены (0,006–0,019 мкг/г), коряки (0,006–0,016 мкг/г), чукчи (0,008–0,023 мкг/г), метисы (0,007–0,020 мкг/г) и пришлые жители (0,006–0,015 мкг/г).

Среди аборигенных групп определены статистически достоверные отличия в содержании кобальта: содержание элемента у коряков меньше по сравнению с чукчами. У пришлых жителей уровень кобальта был достоверно ниже относительно чукчей и метисов.

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 гипозэлементозов, приводящих к нарушению синтеза йодированных гормонов, нарушению всасывания железа, развитию В12-дефицитной анемии. Низкое содержание кобальта в организме может приводить к ишемии миокарда, сердечной аритмии.

Медь (Cu)

Медь является эссенциальным биоэлементом, который принимает участие в процессах тканевого дыхания, обмена веществ, служит кофактором около 30 ферментов, обнаруживается в составе гормонов, (Авцын и др., 1991). На территории многих регионов России среди жителей распространен дефицит меди (Жестяников, 2005).

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 (Q1-Q3) 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. В группе пришлых жителей отметили снижение нижнего (Q1) квартиля (8,7 мкг/г), выходящее за пределы границ нормы.

Для приморской территории с установленной эндемией зоба, уровень меди в биосфере и обеспеченность им жителей, может иметь принципиальное значение, т.к. медь относится к числу металлов, с «экопатогенными» свойствами по отношению к щитовидной железе (Абрамова Н.А. и др., 2006). Между всеми 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 региона, по-видимому, не может нарушать биосинтез тиреоидных гормонов и быть инициатором зоба.

Цинк (Zn)

На территории различных регионов (Чукотка, Таймыр, Гренландия), независимо от экологических условий и географии проживания, среди северных этносов описан дисбаланс идентичной группы элементов в крови – цинка, меди и свинца. Это может указывать на общие эколого-физиологические механизмы обмена биоэлементов у жителей Севера (Горбачев и др., 2008; Gorbachev et al., 2013).

По нашим данным (Рисунок 12), во всех исследуемых 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.

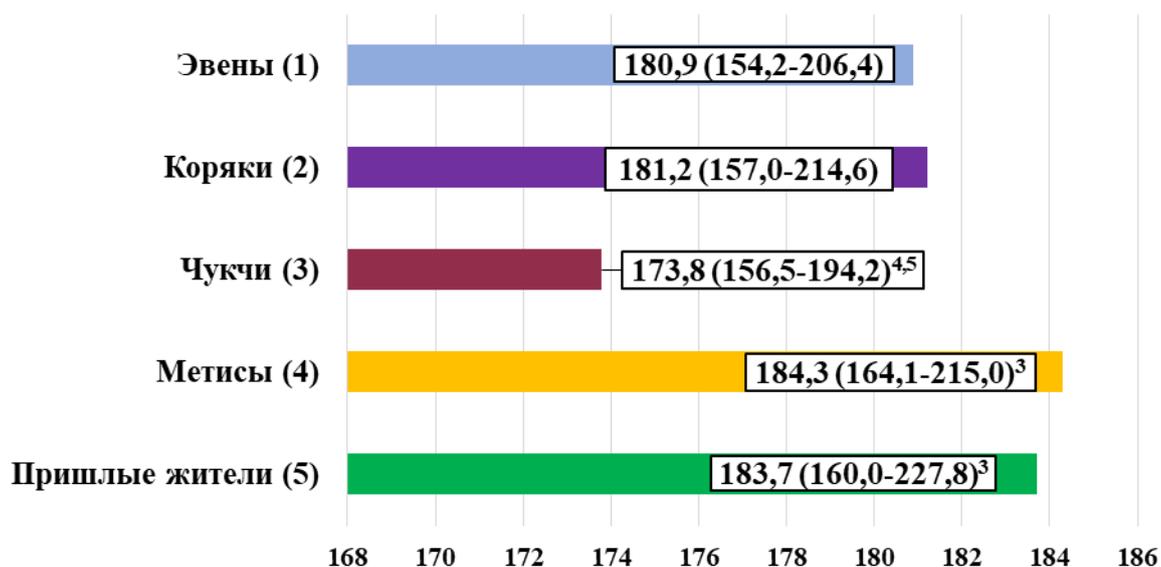


Рисунок 12. Содержание цинка в волосах аборигенов, метисов и пришлых жителей (мкг/г)

Содержание цинка в волосах у чукчей, коряков и эвенов сопоставимо: в группах аборигенных жителей абсолютные величины указанного элемента были ниже относительно метисов и пришлых жителей. Минимальные уровни содержания цинка установлены в группе чукчей: его медиана (173,8 мг/г) достоверно ниже по сравнению с метисами (184,3 мг/г) и пришлыми жителями (183,7 мг/г), доля исследованных чукчей с пониженным содержанием цинка составила 22,5 %.

Таким образом, содержание цинка в волосах метисов и пришлых жителей превышало аналогичный показатель у аборигенных жителей. При этом наибольшее снижение уровня цинка отмечено в группе чукчей, что может указывать на повышенный риск возникновения иммунодефицитных состояний и склонность к развитию инфекционных заболеваний у чукотского этноса (Петров и др., 2006).

Марганец (Mn)

Согласно требованиям санитарных норм, марганец относят к одному из основных показателей качества воды, этот элемент включен в приоритетный список загрязняющих веществ воды водных объектов, который рекомендуется для систематического контроля (Бурлибаев и др., 2010).

В настоящее время информация о возможных негативных эффектах, вызванных хроническим воздействием марганца на организм при поступлении с питьевой водой, носит разрозненный характер.

В ходе проведения исследования установлено, что медианы марганца у пришлых жителей (0,47 мкг/г), метисов (0,65 мкг/г) эвенов (0,48 мкг/г), коряков (0,52 мкг/г) и чукчей (0,74 мкг/г) находились в пределах референтных величин (0,32–1,13 мкг/г).

Отмечено изменение межквартильного интервала (Q1–Q3) содержания марганца в некоторых исследуемых группах. Так снижен нижний квартиль (Q1) у эвенов (0,30 мкг/г), коряков (0,30 мкг/г), пришлых жителей (0,29 мкг/г) и повышен верхний квартиль (Q3) у эвенов (1,38 мкг/г), чукчей (2,04 мкг/г) и метисов (1,21 мкг/г). При этом значительных отклонений в содержании марганца не отмечено.

Таким образом, обеспеченность аборигенов, метисов и пришлых жителей марганцем находится в допустимых границах, что исключает предрасположенность к развитию дисэлементоза, связанного с дефицитом марганца.

Хром (Cr)

Имеются научные сведения о взаимосвязи риска развития сахарного диабета с дефицитом в организме некоторых биоэлементов (Cr, Ca, Mg, Se и Zn), в частности хрома (Громова и др., 2017; Нотова и др., 2023; Anderson et al., 1997; Bjørklund et al., 2020; Skalny et al., 2021; Vajdi et al., 2024). Установлено, что хром может усиливать действие инсулина в метаболических процессах, при его дефиците происходит повышение уровня липидов крови, нарушение толерантности к глюкозе (Аблаев, Батырбаева, 2015). Имеются сведения об

обратной взаимосвязь между содержанием хрома в жировой ткани и уровнем глюкозы, что соответствует информации о гипогликемической роли хрома в организме (Тиньков, 2022). В тоже время повышенное поступление хрома в организм способствует его отложению во внутренних органах, токсичность элемента повышается с увеличением его валентности (Tokunaga et al., 2003).

Согласно нашим данным, наиболее низкие показатели хрома (Рисунок 13) наблюдаются у коряков и метисов: медиана и значение нижнего квартиля (Q1) элемента находились ниже референтных величин (0,32–0,96 мкг/г). В группах эвенов и чукчей определено снижение нижнего квартиля (Q1) элемента. Значения медианы и межквартильного интервала (Q1–Q3) хрома у приезжих жителей находились в интервале нормы.

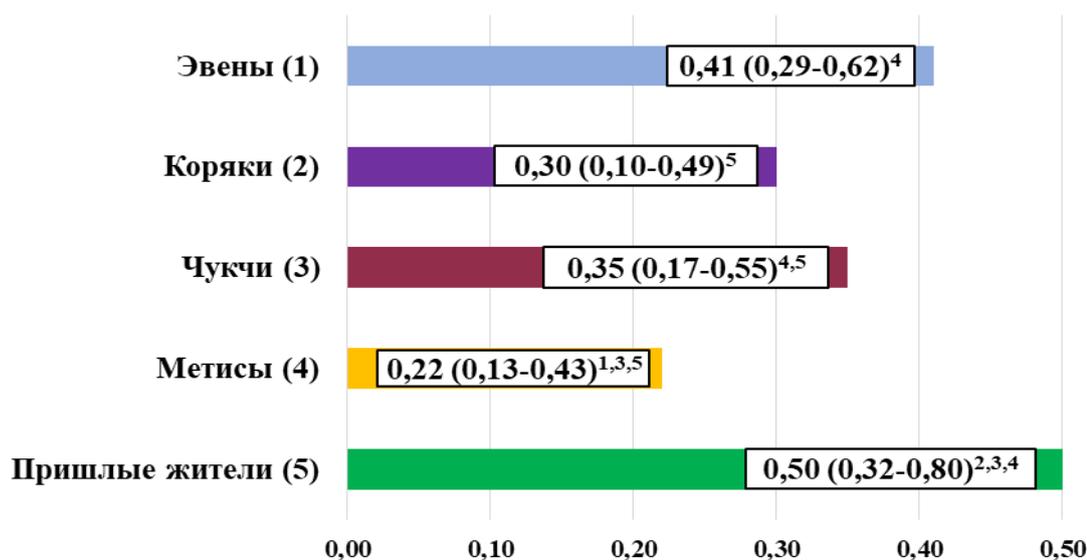


Рисунок 13. Содержание хрома в волосах аборигенов, метисов и пришлых жителей (мкг/г)

Достоверных отличий в содержании хрома между аборигенными группами не выявлено. Содержание хрома в группе приезжих жителей превышало аналогичный показатель у метисов, коряков и чукчей.

В процентном отношении пониженное содержание хрома отмечено у 22,6 % эвенов, 53,1 % коряков, 40,8 % чукчей, 63,7 % метисов, 23,2 % пришлых жителей (Таблица 5).

Наибольшее снижение хрома определено у коряков и метисов, что может приводить к нарушению обмена глюкозы у метисов и в популяциях корякского и чукотского этносов (Oberleas et al., 1999).

У аборигенов азиатской части России, в сравнении с приезжими жителями этих территорий, отмечена пониженная распространенность сахарного диабета (Никитин и др., 2012). Ранее исследователи указывали, что у юношей корякского этноса концентрация глюкозы в крови соответствовала верхней границе нормы, что предполагает преддиабетический статус аборигенного населения Магаданской области (Аверьянова, Максимов, 2015).

Таким образом, у аборигенных жителей имеются предпосылки к возникновению сахарного диабета второго типа на фоне низких значений микроэлементов, участвующих в регуляции обмена глюкозы – хрома и других биоэлементов (магний и кальций), способствующих переработке глюкозы в липиды (Корчина и др., 2019). Дисэлементоз по хромум и нарушения обмена сахара у коренных народов севера могут быть связаны с функциональным не усвоением хрома, нарушением структуры питания и переходом аборигенов на западную диету с избыточным потреблением простых углеводов.

Селен (Se)

Согласно ранее проведенным исследованиям, при продолжительном проживании на Северных территориях у пришлых жителей выявляется снижение некоторых жизненно важных элементов – кальция, железа, селена. Это может указывать на исчерпание функциональных резервов и развитие акклиматизационного дефицита. Сходная ситуация присуща аборигенам (чукчи, эвены, коряки), приживающимся на севере России: отмечено снижение уровня эссенциальных биоэлементов (йод магний, селен, хром, кобальт) (Горбачев, Луговая, 2015). Отмечена склонность к сокращению продолжительности жизни вследствие преждевременного старения у людей с дефицитом Se. Такая тенденция наиболее часто встречается среди жителей северных регионов: время жизни

пришлого населения на Севере в среднем меньше на 10–15 лет относительно аналогичных показателей в средних широтах (Корчин и др., 2016).

В ходе статистического анализа во всех исследованных группах жителей выявлена тенденция к снижению селена: значения нижнего квартиля (Q1) и медиана меньше референтных величин (Рисунок 14). Максимальные показатели селена отмечены в группе коряков: медиана селена (0,42 мг/г) достоверно превышала показатель у пришлых жителей, метисов, чукчей и эвенов.

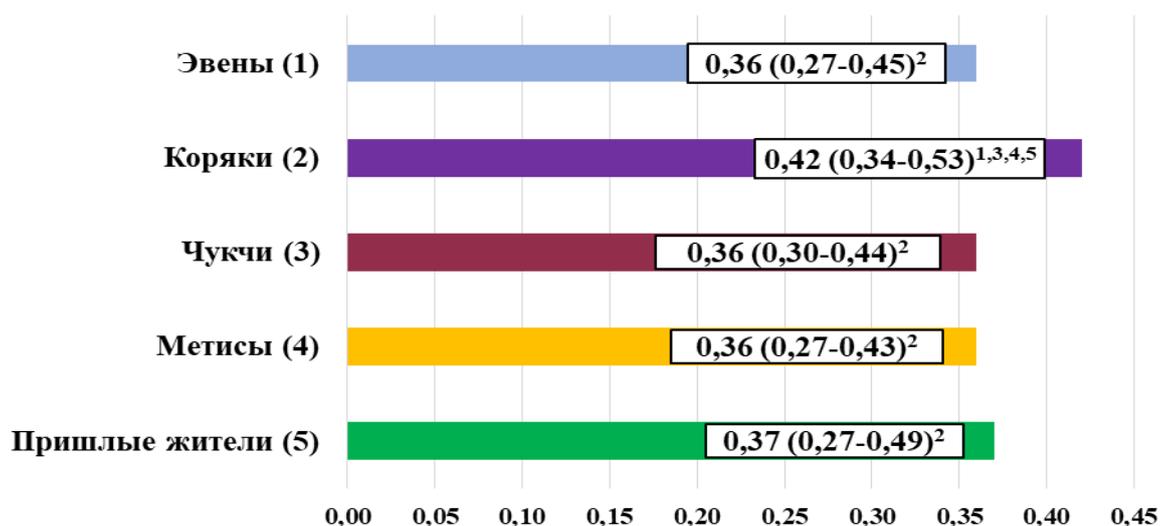


Рисунок 14. Содержание селена в волосах аборигенов, метисов и пришлых жителей (мкг/г)

В волосах всех исследованных групп определен большой процент пониженного содержания селена относительно референтных величин (Скальный, 2003): эвены (58,5 %), коряки (87,5 %), чукчи (95,8 %), метисы (93,3 %), пришлые жители (93,6 %). В тоже время это не подтверждается при сравнении полученных значений селена с референтными величинами, указанными в другом источнике (Скальный, 2015): определено повышенное содержание селена у эвенов (18,9 %), коряков (37,5 %), чукчей (15,5 %), метисов (17,0 %), пришлых жителей (22,6 %).

Таким образом, экологообусловленный дефицит биоэлементов у пришлых жителей усугубляется их акклиматизационным дефицитом, в том числе в отношении селена. Относительно всех исследованных этнических групп, корякский этнос, как один из наиболее древний из палеазиатов, характеризуется бóльшей способностью к поддержанию нормального уровня селена. Дисбаланс

рационов питания коренного населения и пришлых жителей негативно сказывается на обеспеченности эссенциальными элементами. При этом, главную роль в условиях Севера в обеспечении адаптивных и обменных процессов играет употребление питьевой воды и пищевых продуктов.

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. Следовательно, дефицит селена, наряду с другими экологическими факторами (природные струмогены), у жителей приморского региона Магаданской области является одним из ведущих фактором эндемии зоба.

Йод (I)

Йод – полифункциональный элемент необходимый, прежде всего, для синтеза тиреоидных гормонов. В соответствие ранее проведенным исследованиям, территория г. Магадана и прилежащих населенных пунктов, находящиеся на побережье Охотского моря, являются зобноэндемичными (Горбачев и др., 2004; Gorbachev et al., 2007). При этом биосфера приморской территории является йодообеспеченной.

В ходе анализа установлено, снижение содержание йода у 49,1 % эвенов, 62,5 % коряков, 64,8 % чукчей, 72,6 % метисов, 48,4 % пришлых жителей (Таблица 5). Медианы и нижние квартили (Q1) йода в волосах всех исследованных группах имели тенденцию к снижению и располагались ниже установленных границ референтных значений (0,565–0,739 мкг/г) (Рисунок 15). При этом значения верхних квартилей у эвенов (1,27 мкг/г), коряков (0,94 мкг/г),

чукчей (0,86 мкг/г), пришлых жителей (1,09 мкг/г) превышали референтные значения.

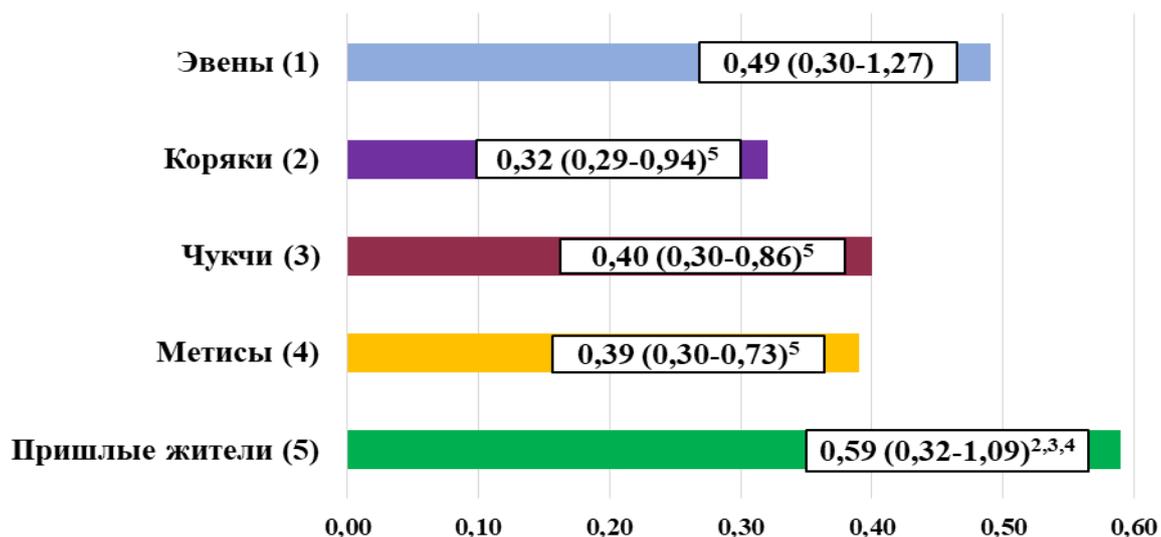


Рисунок 15. Содержание йода в волосах аборигенов, метисов и пришлых жителей (мкг/г)

В группе пришлых жителей определен максимальный уровень йода (0,59 мкг/г), он достоверно превышал значение аналогичного показателя в группе коряков (0,32 мкг/г), чукчей (0,40 мкг/г) метисов (0,39 мкг/г). Высокое содержание йода в группе пришлого населения сопоставимо с показателем у эвенов. Достаточный уровень йода у эвенов и пришлого населения предполагает нормальное функционирование щитовидной железы и поддержание основного обмена (энергообмен, теплопродукция), а также меньшую вероятность (относительно других исследованных групп) развития гипоеlementоза йода.

Исследуемые этнографические группы населяют единый природно-климатический район и в равной степени обеспечены йодом. Более высокий уровень йода у пришлых жителей, и возможно у эвенов, может свидетельствовать о наличии у них адаптивного йодсберегающего механизма и, соответственно, предполагает нормальное функционирование щитовидной железы и поддержание основного обмена (энергообмен, теплопродукция), а также меньшую вероятность (относительно других групп) развития йодного гипоеlementоза. Этот механизм может оказывать положительное влияние на обеспечение тиреоидной функции и

иммунной защиты в популяции эвенков Северо-Востока России (Максимов, Горбачев, 2001; Горбачев, 2019).

Полученные нами данные также согласуются с литературными, свидетельствующими о распространенности низких показатели йода у чукчей (Горбачев, Луговая, 2015). Низкое содержание йода у чукчей, коряков и метисов может свидетельствовать как о предрасположенности к развитию тиреоидной патологии у групп указанных этносов, так и быть региональной эколого-физиологической нормой.

Таким образом, этническую структуру зобной 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 считаем, что 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)

Таежно-лесная зона широко распространена на северных территориях и характеризуется частой встречаемостью подзолистых почв с высокой концентрацией кремниевой кислоты (Горбачев, 2012). Миграция соединений кремния в поверхностные воды происходит из почвенного слоя, в связи с чем может повышаться концентрация этого элемента.

Согласно литературным данным, в водах Приморского бассейна были отмечены повышенные концентрации кремния, с чем связывали повышенное содержание этого элемента в волосах (Бульбан и др., 2003). Считается, что развитию аутоиммунных заболеваний (гипотиреозу) способствуют сочетанное

повышенное поступление кремния в организм и дисбаланс кобальта, йода (Сапожников, Гордова, 2013). Комбинированный дисбаланс кремния, магния, кальция, фтора, могут приводить к возникновению уролитиаза и иных форм краевой патологии (Сусликов, 2011). Ряд исследователей отмечают эссенциальность кремния для костной ткани (Jugdaohsingh, 2007; Price et al., 2013).

В исследованных группах медианы кремния находились в интервале нормативных значений (Рисунок 16), что указывает на оптимальную обеспеченность населения кремнием. При этом у эвенов, коряков, чукчей и метисов медианы указанного микроэлемента сопоставимы; у пришлых жителей содержание кремния было достоверно ниже в сравнении с коряками и чукчами.

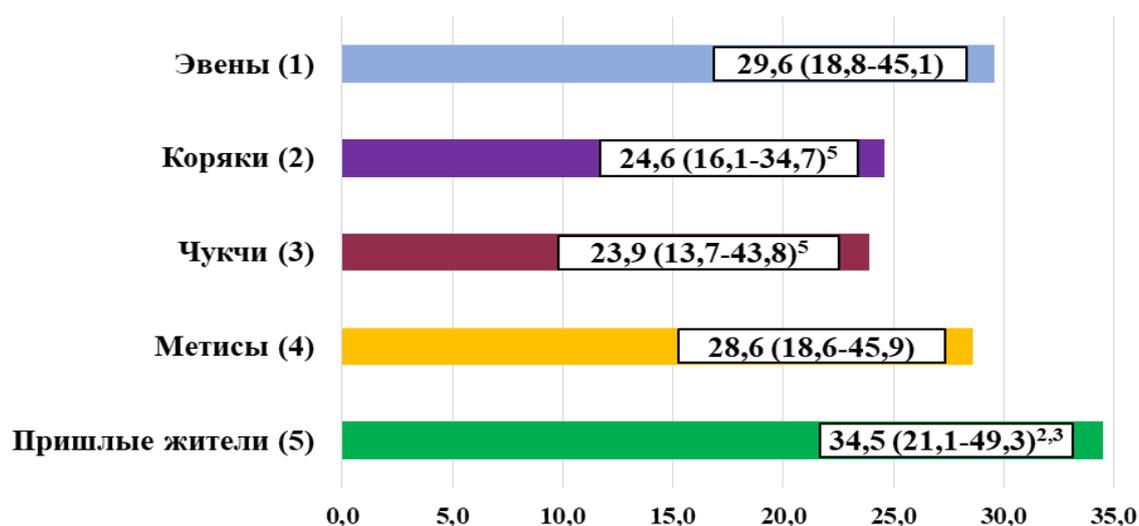


Рисунок 16. Содержание кремния в волосах аборигенов, метисов и пришлых жителей (мкг/г)

Значение верхнего квартиля (Q3) превышало референтные величины у эвенов, чукчей, метисов и пришлых жителей. Значительных отклонений (чрезмерное накопление или недостаток) в исследованных группах не установлено, что свидетельствует об отсутствии предрасположенности к развитию элементозов по кремнию.

Никель (Ni)

Никель является условно-эссенциальным элементом, в тоже время его относят к наиболее опасным загрязнителям окружающей среды (Аллаярова и др., 2023). Повышенное поступление никеля отрицательно воздействует на организм, проявляется реакцией сходной с чувствительностью к аллергену – нарушением со стороны нейро-, эндокринной регуляции, в которой принимают участие эндокринные железы: гипофиз, надпочечники, паращитовидная и поджелудочная железы (Zdrojewicz et al., 2016).

Медианы никеля у эвенов (0,18 мкг/г), коряков (0,16 мкг/г), чукчей (0,18 мкг/г), метисов (0,17 мкг/г) и пришлых жителей соответствовали референтным величинам (0,14–0,53 мкг/г). Отмечено снижение нижнего квартиля (Q1) элемента у эвенов (0,1 мкг/г), коряков (0,09 мкг/г), чукчей (0,12 мкг/г), метисов (0,13 мкг/г) и пришлых жителей (0,13 мкг/г).

Содержание никеля во всех исследованных группах находилось на сопоставимом уровне, статистически достоверных отличий между группами не установлено. Сведения, указывающих на возможное развитие элементоза, связанного с нарушением содержания никеля в организме, отсутствуют.

Алюминий (Al)

Алюминий участвует в образовании белковых и фосфатных комплексов, может оказывать влияние на пищеварительные ферменты, функционирование околощитовидных желез, необходим для процессов регенерации эпителиальной, соединительной и костной тканей (Скальный, Рудаков, 2004).

Нами установлено, что медиана алюминия в группе пришлых жителей (7,8 мкг/г) статистически превышала аналогичный показатель у метисов и аборигенных жителей (Таблица 3). Наименьшее значение содержания алюминия в волосах определено у корякского этноса (3,4 мкг/г). Отмечено снижение квартильных интервалов во всех исследуемых группах к нижней границе референтного интервала (6–18 мкг/г).

Отрицательные последствия, вызванные дефицитом алюминия, не установлены. Считается, что основным источником поступления алюминия в

организм являются продукты фармацевтического и пищевого производства, в частности некоторые пищевые добавки, посуда, упаковочный материал (Шугалей и др., 2012).

Ряд исследователей отмечает повышение концентраций некоторых токсичных элементов (кадмия, свинца, ртути) в биосфере северных регионов (Дударев, 2009; Корчина, Корчин, 2011). В течение многих десятков лет на территории Магаданской области ведется добыча полезных ископаемых открытым способом, это может быть сопряжено с антропогенным загрязнением окружающей среды токсичными элементами, такими как свинцом, кадмий, ртуть.

Кадмий (Cd)

Среди исследуемых химических элементов кадмий играет может играть роль потенциального загрязнителя пищевых продуктов. Отмечено, что менее растворимые формы этого элемента оказывают негативное влияние на состояние дыхательных путей и желудочно-кишечного тракта, более растворимые – способны поражать центральную нервную систему, нарушать фосфорно-кальциевый, белковый, витаминный и обмены, вызывать анемию.

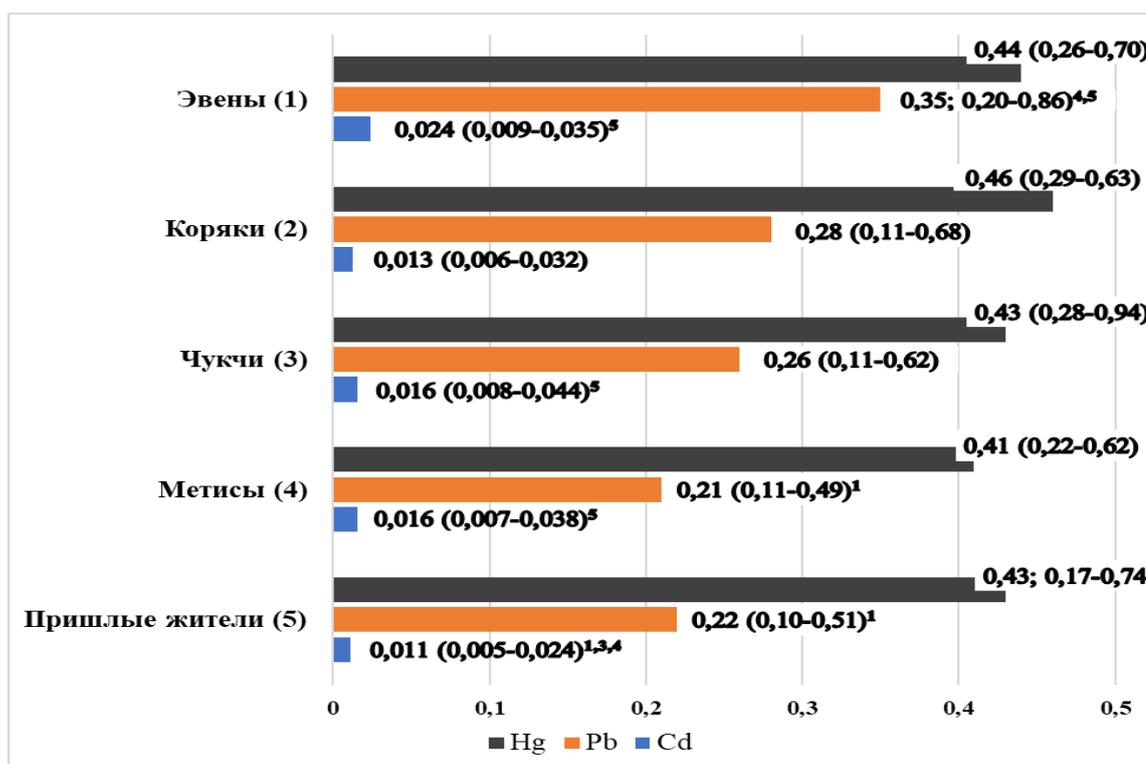


Рисунок 17. Содержание Cd, Pb, Hg в волосах жителей (Me; Q1-Q3), мкг/г

Медиана содержания кадмия в группах исследованных жителей (Рисунок 17) не превышала установленный биологически допустимый уровень (0,25 мкг/г). Определено статистически значимое повышение (в 2 раза) медианы кадмия в волосах эвенов относительно аналогичного показателями у коряков, чукчей и пришлых жителей, но при этом лица с превышением биологически допустимого уровня кадмия в волосах не выявлены. Таким образом, экологическая проблема с загрязнением окружающей среды кадмием на приморской части Магаданской области отсутствует.

Свинец (Pb)

Свинец является токсическим элементом с доказанным канцерогенным эффектом. В настоящее время существует запрет на применение этилированного бензина, в состав которого входит тетраэтилсвинец, при этом остается важная проблема – воздействие свинца на человека. Ведущими источниками его поступления в организм являются загрязненные пища, вода, кухонная утварь, косметика, старые краски. По сравнению с пищевым путем, при ингаляционном поступлении свинца, отмечается ускоренное попадание в кровь и достижение максимального воздействия на организм (Черных, Баева, 2004; Рыбкин и др., 2014). Согласно литературным источникам, в г. Магадане определена тенденция к увеличению концентрации свинца в волосах жителей (Чанчаева и др., 2022). Исследователи отмечали в г. Магадане повышенное содержание свинца, кадмия в некоторых группах метисов, коряков, эвенов, в сравнении с пришлыми жителями (Луговая, 2008).

Медиана содержания свинца в группах коряков, чукчей, эвенов (Таблица 13) находилась ниже установленного биологически допустимого уровня (5,0 мкг/г). При этом накопление свинца в волосах, превышающие 5,0 мкг/г определено у 1,9 % эвенов, 4,3 % чукчей, 3,0 % метисов и 2,6 % пришлых жителей.

В ходе статистического анализа отличий в содержании свинца между исследованными группами определено: показатель у метисов и пришлых жителей

соответствовал меньшему значению относительно аналогичных величин у эвенов. Повышенное накопление в волосах указанного элемента может быть связано с употреблением в пищу продуктов с высокими концентрациями свинца (например, некоторых морепродуктов). Содержание свинца у большей части аборигенных и пришлых жителей, не превышающее биологически допустимый уровень, указывает на отсутствие свинцового загрязнения на приморской территории Магаданской области.

Ртуть (Hg)

В биологических средах человека уровень ртути однозначно не определен. Согласно данным Центра биотической медицины (ЦБМ, Москва), нормативное содержание ртути в волосах равно 0,5–1,0 мкг/г, биологически допустимый уровень соответствует 5,0 мкг/г. Анализ полученных нами данных показал, что медиана ртути в волосах аборигенных и пришлых жителей не превышала 0,5 мкг/г.

Наибольшая доля проб с показателями ртути в диапазоне от 0,5 до 1,0 мкг/г среди аборигенных жителей (Таблица 3) отмечена: у коряков и чукчей (40,6 и 20,0 % обследованных); у эвенов этот показатель равен 18,9 %, у метисов – 23,0 %, у пришлых жителей – 34,2 %. Процент в группах лиц с содержанием ртути, превышающими 1,0 мкг/г, составил: у эвенов – 9,4, коряков – 9,4, чукчей – 21,4, метисов 10,4, пришлых жителей – 9,0 %.

Статистически достоверных отличий в содержании ртути между исследованными группами аборигенов (эвенов, коряков, чукчей), а также между аборигенными и пришлыми жителями не определено (Таблица 13).

Результаты анализа согласуются с полученными ранее сведениями об отсутствии у аборигенных жителей Северо-Востока России критических уровней ртути (Горбачев, 2016). При этом около 10 % от исследованных жителей имели концентрации ртути, превышающие нормативное значение – 1,0 мкг/г. Повышенное накопление в волосах ртути у части исследованных жителей, возможно, связано с преобладанием в пище морепродуктов и рыбы, богатых

метилртутью (Ульрих и др., 2013). Таким образом, повышенных концентраций ртути в волосах исследованных жителей не отмечено, при этом у отдельных лиц нельзя исключить развитие гиперэлементоза, связанного с повышенным поступлением ртути в организм.

3.5. Коэффициенты соотношений некоторых элементов у исследованных жителей

Исследуя пропорции соотношений эссенциальных микроэлементов к их токсичным металлам-антагонистам, возможно установить, в какой мере токсические элементы повреждают биохимические процессы, которые находятся под контролем соответствующих эссенциальных элементов (Корчина, Корчин, 2011).

Согласно литературным данным, биоэлементы могут проявлять эссенциальность в случае их отношения к токсичным элементам соответствующему определенному значению. Так, для Zn/Cd это соотношение должно составлять 500, для Ca/Pb – 100 (Krupka, Puczkowski, 2004). Отрицательное воздействие токсичных элементов на метаболизм жизненно необходимых элементов предполагается при уменьшении указанных значений соотношения.

Во всех исследованных группах отмечено снижение содержания кальция в волосах. При этом коэффициент соотношения Ca/Pb у 95,7 % чукчей, 98,1 % эвенков и 100 % коряков, метисов и пришлых жителей соответствовал нормативной величине. Следовательно, предполагаемый эндогенный дефицит кальция не приводит к повышению риска токсического воздействия свинца у исследованных лиц.

Отклонений в содержании цинка у аборигенных и пришлых жителей относительно референтных величин не выявлено, при этом коэффициент соотношения Zn/Cd у всех исследованных лиц был на оптимальном уровне. Это указывает на благоприятную обстановку по содержанию таких тяжелых металлов, как кадмий и цинк в геохимическом окружении.

Так же в ходе проведения оценки содержания макро- и микроэлементов в волосах рассчитаны коэффициенты соотношений эссенциальных макро- и микроэлементов: Ca/P, Ca/K, Na/K, Na/Mg, Fe/Cu, Fe/Co (Гресь, 2006; Гресь и др., 2009), которые могут указывать на возможные механизмы возникновения патологических процессов в организме жителей на изучаемой территории. Полученные значения коэффициентов соотношений и их корреляционные связи с уровнями химических элементов представлены в таблицах 14 и 15.

Таблица 14. Коэффициенты соотношения некоторых элементов у исследованных жителей Магаданской области

Коэффициент	Оптимальное значение	Этнодемографическая группа, (Me)				
		Коряки	Чукчи	Эвены	Метисы	Пришлые жители
Ca/P	от 2 до 5	1,91	2,38	2,23	2,18	1,90
Ca/Mg	7	9,8	11,6	10,2	10,5	10,1
Na/K	2,4	1,7	1,9	2,0	1,7	2,1
Ca/K	от 2 до 5	5,1	5,4	4,6	6,3	6,2
Na/Mg	4	2,5	4,6	4,8	3,2	4,2
Fe/Co	440	1871	1159	1486	1312	2075
Fe/Cu	0,9	1,4	1,3	1,4	1,5	1,6

Примечание: Me – медиана.

Таблица 15. Корреляционные связи между коэффициентами соотношений макро- и микроэлементов и содержанием этих элементов ($p < 0,05$)

Коэффициент	Химический элемент	Этнодемографическая группа				
		Коряки	Чукчи	Эвены	Метисы	Пришлые жители
Ca/P	Ca	0,9	1,0	0,9	0,9	1,0
	P	- 0,5	- 0,6	- 0,3	- 0,5	0,2
Ca/Mg	Ca	-	0,4	0,3	-	0,3

	Mg	- 0,6	-	- 0,3	- 0,4	- 0,3
Na/K	Na	-	-	-	-	0,3
	K	-	-	-	0,2	- 0,3
Ca/K	Ca	-	0,4	0,4	0,6	0,4
	K	- 0,9	- 0,9	- 0,9	- 0,9	- 0,9
Na/Mg	Na	0,9	0,9	0,9	0,8	0,8
	Mg	-	-	-	- 0,4	- 0,4
Fe/Co	Fe	0,6	- 0,6	- 0,6	- 0,7	- 0,6
	Co	-	-	-	-	-
Fe/Cu	Fe	1,0	0,9	0,9	0,9	0,9
	Cu	-	- 0,3	-	- 0,3	- 0,2

Коэффициент Ca/P, служит показателем активности энергетических процессов в организме. Кроме того, фосфор и кальций играют ключевую роль в формировании костной ткани. Считается, что оптимальное значение указанного коэффициента составляет от 2 до 5. Увеличение соотношения Ca/P расценивают как признак недостаточного энергетического обеспечения метаболизма кальция.

Медиана коэффициента соотношения Ca/P в группе коряков составила 1,91, чукчей – 2,38 и эвенов – 2,23, метисов – 2,18, пришлых жителей – 1,90, при этом определено статистически достоверное отличие показателя только между пришлыми жителями и чукчами. Указанный коэффициент у аборигенных и пришлых жителей не превышал оптимальное значение.

Метаболизм фосфора и кальция определяется сходными гормональными факторами, которые участвуют в регуляции гломерулярной фильтрации и канальцевой реабсорбции указанных макроэлементов. Оба обмена имеют тесную связь между собой: изменение концентрации одного элемента приводит к противоположному изменению второго элемента.

Коэффициент Ca/P имел достоверную корреляционную связь с уровнем содержания фосфора и кальция в группах коряков, чукчей, эвенов, метисов и пришлых жителей. Так, у коряков коэффициент Ca/P имел положительную

высокую корреляционную связь с кальцием ($r = 0,9$; $p < 0,05$) и отрицательную среднюю корреляционную связь с фосфором ($r = - 0,5$; $p < 0,05$). У чукчей выявлена положительная высокая корреляционная связь между значениями коэффициента Ca/P и содержанием кальция ($r = 1,0$; $p < 0,05$), и отрицательная средняя корреляционная связь с P ($r = - 0,6$; $p < 0,05$). У эвенов установлена положительная очень высокая корреляционная связь между коэффициентом Ca/P и кальцием ($r = 0,9$; $p < 0,05$), и отрицательная слабая корреляционная связь с фосфором ($r = - 0,3$; $p < 0,05$). У метисов определена положительная высокая корреляционная связь между коэффициентом Ca/P и кальцием ($r = 0,9$; $p < 0,05$), и отрицательная средняя корреляционная связь с фосфором ($r = - 0,5$; $p < 0,05$). У пришлых жителей отмечена положительная очень высокая корреляционная связь между коэффициентом Ca/P и кальцием ($r = 1,0$; $p < 0,05$), и отрицательная очень слабая корреляционная связь с содержанием фосфора ($r = - 0,2$; $p < 0,05$). Таким образом, с ростом связи коэффициента Ca/P с кальцием во всех исследованных группах, наблюдается закономерная тенденция по уменьшению связи указанного коэффициента с фосфором. Полученные нами сведения, свидетельствуют о нормальном протекании процессов фосфорилирования в организме исследованных аборигенных и пришлых жителей и, соответственно, нормальном энергетическом обеспечении метаболизма кальция у них.

Коэффициент Ca/Mg. Три вида мембранных кальциевых каналов в клетке находятся под влиянием магния. Воздействие кальция и магния на гладкую мускулатуру миокарда и сосудов является антагонистическим. Магний в организме является естественным антагонистом кальция. Также магний, обеспечивая фиксацию калия в клетке, способствует поляризации клеточных мембран и поддерживает оптимальное функционирование кардиомиоцитов (Янковская, 2015). Среднее значение коэффициента Ca/Mg составляет около 7,0.

В группе коряков медиана коэффициента соотношения макроэлементов равна 9,8 мкг/г, чукчей – 11,6, эвенов 10,2, метисов – 10,5, пришлых жителей – 10,1. Определены достоверные статистические различия по указанному

коэффициенту между чукчами и остальными исследованными группами (эвенами, коряками, метисами, пришлыми жителями).

Коэффициент Ca/Mg имел достоверную слабую положительную корреляционную связь с содержанием кальция в волосах у чукчей ($r = 0,4$; $p < 0,05$), эвенов ($r = 0,3$; $p < 0,05$), пришлых жителей ($r = 0,3$; $p < 0,05$), и достоверную слабую отрицательную корреляционную связь с содержанием магния – эвенов ($r = - 0,3$; $p < 0,05$), метисов ($r = - 0,4$; $p < 0,05$), пришлых жителей ($r = - 0,3$; $p < 0,05$). У коряков указанная связь коэффициента корреляции с магнием была средней отрицательной ($r = - 0,6$; $p < 0,05$).

Повышение коэффициента Ca/Mg может сопровождаться повышенным напряжением мышц, расстройствами со стороны желудочно-кишечного тракта, а также указывать на перераспределение кальция в организме, «вымывании» макроэлемента, приводящее к остеопорозу.

Коэффициент Na/K. Гомеостаз калия и натрия зависит от функционирования коры надпочечников. Одним из показателей, применяемых для оценки функционального состояния коры надпочечников, является коэффициент Na/K. Оптимальное значение которого составляет 2,4. Увеличение соотношения Na/K указывает на повышение синтеза альдостерона и усиление гормональной активности. Снижение соотношения Na/K указывает на увеличение активности катаболических процессов в организме и угнетение функции коры надпочечников.

В ходе исследования установлено, что отсутствуют достоверно значимые различия в значениях медиан коэффициента Na/K у исследованных коряков (1,7), чукчей (1,9), эвенов (2,0), метисов (1,7). При этом у пришлых жителей медиана коэффициента составляла 2,1 и достоверно превышала показатель в остальных исследованных группах. Соотношение Na/K у аборигенных жителей и метисов меньше оптимального значения, что может свидетельствовать об усилении выведения натрия из организма и снижении функционирования коры надпочечников.

Коэффициент Na/K у метисов имел достоверную корреляционную связь только с калием ($r = 0,2$; $p < 0,05$), у пришлых жителей с натрием и калием ($r = 0,3$; $p < 0,05$ и $r = - 0,3$; $p < 0,05$ соответственно). У аборигенных жителей (коряков, чукчей, эвенов) достоверной корреляционной связи между коэффициентом Na/K и натрием, калием не установлено.

Уменьшение соотношения Na/K у аборигенных жителей и метисов, а также повышение у них верхнего квартиля (Q3) натрия в волосах может свидетельствовать об усилении выведения натрия из организма и снижении функционирования коры надпочечников.

Коэффициент Ca/K. Известно, что Ca обладает остеотропным действием, принимает опосредованное участие в метаболизме костной ткани, в том числе обмене кальция. Коэффициент Ca/K используют для микроэлементного выражения эффекта калий регулирующих гормонов в ходе оценки их активности. Оптимальное значение указанного коэффициента лежит в пределах от 2 до 5.

В волосах коряков медиана коэффициента соотношения Ca/K составила 5,1. У чукчей значение медиана коэффициента Ca/K равнялось 5,4, эвенов – 4,6, метисов – 6,3 пришлых жителей – 6,2. Статистически достоверных отличий в значениях коэффициентов в исследуемых группах не установлено.

Уровень содержания кальция в волосах имел достоверную положительную корреляционную связь с коэффициентом Ca/K у эвенов ($r = 0,4$; $p < 0,05$), чукчей ($r = 0,4$; $p < 0,05$), метисов ($r = 0,6$; $p < 0,05$), пришлых жителей ($r = 0,4$; $p < 0,05$). Во всех исследованных группах отмечена высокая отрицательная корреляционная связь калия с коэффициентом Ca/K ($r = - 0,9$; $p < 0,05$).

Увеличение соотношения Ca/K у коряков, чукчей, метисов и пришлых жителей может указывать на снижение роли кальцитонина в метаболизме кальция.

Коэффициент Na/Mg. Оптимальным значением соотношения Na/Mg принимается равное 4. Анализ химического состава волос показал, что медианы коэффициента Na/Mg составили у коряков (2,5), чукчей (4,6), эвенов (4,8),

метисов (3,2), пришлых жителей (4,2), статистически достоверных отличий между ними не установлено.

Коэффициент Na/Mg имел достоверную положительную корреляционную связь с уровнем содержания натрия у исследованных коряков ($r = 0,9$; $p < 0,05$), чукчей ($r = 0,9$; $p < 0,05$), эвенов ($r = 0,9$; $p < 0,05$), метисов ($r = 0,8$; $p < 0,05$), пришлых жителей ($r = 0,8$; $p < 0,05$). Отмечена отрицательная корреляционная связь между магнием и коэффициентом Na/Mg у метисов ($r = - 0,4$; $p < 0,05$) и пришлых жителей ($r = - 0,4$; $p < 0,05$).

Уменьшение коэффициента Na/Mg у коряков и метисов может указывать на снижение функционирования почек. В то время как избыток адреналина и увеличение секреции альдостерона имеет место при пониженном уровне магния и повышенном – натрия в организме.

Коэффициент Fe/Co используется для интегральной оценки функционального состояния щитовидной железы. Одним из признаков предрасположенности к нарушению функции щитовидной железы является значения коэффициента Fe/Co менее 440.

При анализе полученных данных установлено, что медианы коэффициента Fe/Co у пришлых жителей (2075) и коряков (1871) достоверно превышали показатель у чукчей (1159), эвенов (1486), метисов (1312). Минимальное значение медианы коэффициента Fe/Co, статистически достоверно отличающееся от аналогичного показателя в других исследуемых группах (коряки, эвены, метисы, пришлые жители), отмечено в группе чукчей (1159).

Таким образом, высокое значение коэффициента Fe/Co свидетельствует о нормальном функционировании щитовидной железы. При этом, у аборигенных жителей отмечено пониженное кобальта в волосах. Недостаток кобальта может приводить к гипертиреозу и гипоплазии щитовидной. В районах с недостатком кобальта и дефицитом йода в окружающей среде отмечена более выраженная частота встречаемости зоба (Денисова и др., 2011).

Во всех исследованных группах корреляционной связи между коэффициентом Fe/Co и содержанием железа не установлено. Определена

статистически достоверная корреляционная связь между коэффициентом Fe/Cu и кобальтом у коряков ($r = 0,6$; $p < 0,05$), чукчей ($r = - 0,6$; $p < 0,05$), эвенков ($r = - 0,6$; $p < 0,05$), метисов ($r = - 0,7$; $p < 0,05$), пришлых жителей ($r = - 0,6$; $p < 0,05$).

При снижении содержания железа превалирует влияние кобальта на метаболизм гормонов щитовидной железы. Кобальт обладает тиреостатическим эффектом, дополнительный прием его с пищей ведет к увеличению йодидов, йодтирозинов, йодгистидинов и тироксина в щитовидной железе.

Коэффициент Fe/Cu. Железо участвует в метаболических и физиологических процессах, связанных с окислением белков, липидов, углеводов.

Значения коэффициента Fe/Cu в волосах коряков (1,4), чукчей (1,3), эвенков (1,4), метисов (1,5) сопоставимы, так же достоверно были меньше аналогичного коэффициент у пришлых жителей (1,6). Соотношение Fe/Cu у исследованных аборигенных и пришлых жителей превышало оптимальное значение (0,9), что является признаком увеличения количества свободных радикалов в организме.

Во всех исследованных группах определена очень высокая достоверная положительная корреляционная связь между коэффициентом Fe/Cu и железом ($p < 0,05$). Достоверная отрицательная очень слабая корреляционная связь коэффициента Fe/Cu с медью выявлена только у чукчей ($r = - 0,3$; $p < 0,05$), метисов ($r = - 0,3$; $p < 0,05$) и пришлых жителей ($r = - 0,2$; $p < 0,05$). Увеличение коэффициента Fe/Cu может указывать на «скрытый» недостаток меди у исследованных лиц или повышенную экскрецию железа из организма.

Рассчитанные коэффициенты соотношений не имели значительных отклонений от референтных величинам, что свидетельствует о нормальном протекании метаболических и физиологических процессов и, соответственно, имеющихся на момент исследования компенсаторных резервах организма. В то же время получены сведения, которые могут указывать:

- на перераспределение кальция в организме у пришлых и аборигенных жителей, «вымывание» указанного макроэлемента, сопровождающегося повышенным риском остеопороза;

- на возможное увеличение количества свободных радикалов в организме (наибольшее изменение показателя отмечено в группе пришлых жителей);
- на «скрытый» недостаток меди у исследованных лиц и повышенную экскрецию железа из организма.

3.6. Предрасположенность жителей Магаданской области к развитию элементозов

Характерными для северных территорий являются сердечно-сосудистая патология, болезни органов дыхания, эндокринные и онкологические заболевания, нарушения репродуктивной функции. Существующая тенденция усугубляется тем, что в условиях Севера расположены биогеохимические провинции, которые характеризуются разным содержанием химических элементов в окружающей среде. В зависимости от природных условий и антропогенных факторов для разных территорий характерны недостатки или избытки химических элементов в воде, почве, воздухе. Особенностью изучаемой приморской территории Магаданской области является низкое содержание макро- и микроэлементов в питьевой воде (Горбачев, 2006, 2020, 2021).

Дифференцированная характеристика элементных отклонений у разных этносов схематично представлена на рисунке 18.

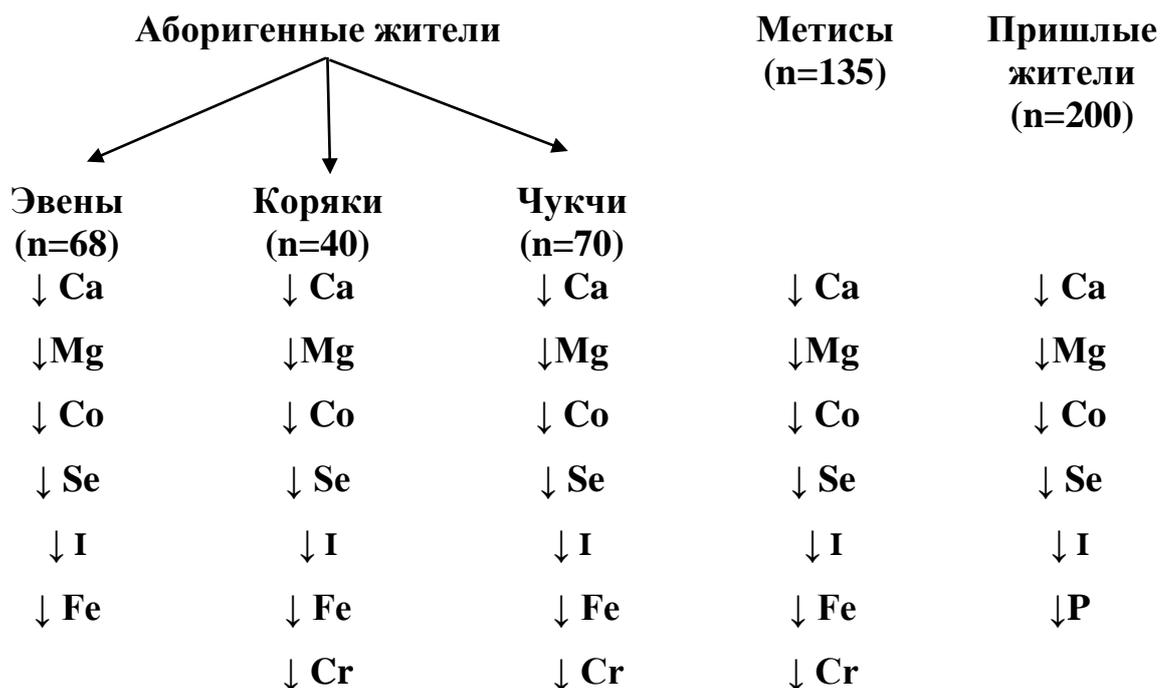


Рисунок 18. Дифференцированная характеристика элементных отклонений у жителей Магаданской области

Примечание: ↓ – пониженное содержание.

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

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).

Кальций. Отмечено сниженное содержание кальция в волосах жителей изучаемого региона. При этом потенциальными группами риска развития гипоэлементоза по кальцию являются корякский этнос и пришлые жители (Рисунок 18).

Нарушение кальциевого гомеостаза организма, является основой патогенеза многих хронических заболеваний. Недостаток кальция может провоцировать иммуновоспалительные реакции, играющие роль в развитии патологии сердечно-сосудистой системы (Майлян, Коломиец, 2019; Ахмеджанова и др., 2020). Атеросклероз считается хроническим воспалительным процессом, повреждающим сосудистую стенку артерии. Необходимыми факторами в процессах индукции и поддержания атеросклеротического процесса являются патологические изменения в обмене кальция.

Протекание процессов активации ферментов, свертывание крови, стабилизация клеточных мембран, клеточной гибели невозможны без участия кальция. Ионы кальция оказывают влияние на межклеточную коммуникацию, мембранный транспорт, работу генома клетки (Blaine et al., 2015; Майлян, Коломиец, 2019). Важная роль в процессе регуляции артериального давления принадлежит кальцию и магнию. Дефицит или дисбаланс указанных биоэлементов является фактором риска формирования заболеваний сердечно-сосудистой системы. Низкое содержание кальция в организме является одним из важнейших факторов развития остеопороза, ломкости костей, судорог, рахита.

Полагаем, что экологической основой низкого содержания кальция является использованием населением слабоминерализованной питьевой воды. Местные пищевые продукты, мягкая и слабоминерализованная питьевая вода в северных регионах не восполняют суточной нормы кальция.

Магний. У пришлых жителей и метисов в ходе исследования также отмечено низкое содержание магния (Рисунок 18). Магний является антагонистом кальция в организме. Нормальный гомеостаз магния – обязательное условия поддержания здоровья. Население, употребляющее питьевую воду с низким содержанием магния в 3 раз чаще подвержено развитию артериальной гипертензии, при которой отмечается высокая смертность от сердечно-сосудистых заболеваний (Доршакова, Карапетян, 2004). Исследователями отмечена прямая связь увеличения случаев ишемических инсультов с низкими концентрациями кальция и магния в питьевой воде в биогеохимических провинциях (Сусликов, 2000).

Результаты большого мета-анализа, указанные в работе R. Ioannidis (2001) (Ioannidis, Lau, 2001), свидетельствуют о связи между риском возникновения инфаркта миокарда и магниевым дефицитом, а также позитивном влиянии коррекции дефицита магния на предотвращение инфаркта. Велика роль магния в развитии психоэмоционального стресса. Европейское общество кардиологов включило препараты магния в рекомендации по профилактике и лечению

некоторых видов аритмий, включая суправентрикулярную и желудочковую экстрасистолию, фибрилляцию предсердий (Priori et al., 2015). Низкое содержание магния на фоне низкого содержания кальция повышают риски артериальной гипертензии, инфаркта миокарда, инсульта.

Фосфор. Определено достоверно низкое содержание фосфора в группе пришлых жителей относительно аборигенов и метисов. Недостаток фосфора в организме в течение продолжительного периода времени может не проявляться за счет депо, которым является костная ткань. Продолжительный недостаток поступления фосфора в организм приводит к исчерпанию резервов и нарушению со стороны костной ткани. Проявлениями низкого содержания фосфора могут быть остеопороз, остеомаляция, рахит.

Сочетанное нарушение обмена кальция, магния и фосфора является фактором развития нарушений со стороны костной ткани и скелета, которые проявляются различными псевдоопухольями и опухольями костной ткани, артрозоартритами и деформациями скелета и суставов (Лукьянчиков, 2012).

Низкое содержание кальция, магния и фосфора у пришлых жителей (Рисунок 18) предполагает риск развития у них элементозов, ассоциированных со структурно-функциональным нарушением костной ткани (артрозы, остеопороз, рахит). На этом фоне более высокие концентрации кальция, магния и фосфора у аборигенных жителей, относительно прошлого населения, подтверждают данные литературы об адаптации северных этносов к слабоминерализованной питьевой воде, и высокой минерализации скелета арктических популяций (Бужилова и др. 2013).

Кобальт. Во всех исследованных группах отмечено пониженное содержание кобальта (Рисунок 18). Проявлениями недостатка кобальта могут быть кардиоваскулярные расстройства и дисфункция вегетативной нервной системы (Ребров, 2003). Снижение усвоения кобальта, уменьшение его включения в структуру аминокислот отмечается при ишемии миокарда (Bar-Or et al., 2001). Отмечены метаболические изменения в миокарде при приеме соединений кобальта в условиях гипоксии (Endoh et al., 2000). Поступление кобальта в

организм в физиологических дозах определяет его гипотензивное, коронаролитическое действия (Кудрин и др., 2000). Низкое содержание кобальта в организме сопряжено с ишемией миокарда, нарушением сердечного ритма, астеническим синдромом (Скальный, Рудаков, 2004).

Исходя из вышеуказанного, 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 гипозлементозов, приводящих к нарушению эритропоза и развитию В12-дефицитной анемии, нарушению всасывания железа, синтеза йодированных гормонов. Низкое содержание кобальта в организме может приводить к ишемии миокарда, сердечной аритмии.

Железо. Как следует из рисунка 18, для эвенов, коряков, чукчей и метисов характерно пониженное содержание железа. Более низкие показатели железа у аборигенных жителей подтверждают данные литературы о распространении железодефицитных состояний среди аборигенов Северо-Востока России (Журавская и др., 2002). Отмеченные низкие концентрации железа у аборигенных жителей и метисов, сопровождаются повышением соотношения Fe/Cu относительно оптимального значения (0,9). При этом указанный коэффициент достоверно ниже показателя у пришлых жителей ($p < 0,05$), что свидетельствует о меньшем количестве свободных радикалов в организме аборигенов и метисов и, соответственно, меньшем окислительном стрессе.

Йод. Магаданскую область, включая приморские районы, относят к зобноэндемичным регионам (Горбачев и др., 2004). Во всех исследованных группах выявлены низкие значения йода, свидетельствующие о возможном проявлении гипозлементоза (йодного дефицита) у аборигенов, метисов и у пришлых жителей. Негативное влияние пониженного содержания йода может усиливаться под влиянием имеющихся струмогенных (антийодных) факторов, в качестве которых может выступать дисбаланс химических элементов – селена, кобальта, магния.

Селен. Дефицит селена широко распространен среди населения изучаемой территории: аборигенных и пришлых жителей (Рисунок 18). Ввиду полифункциональной роли селена, направленность к его популяционному дефициту у жителей может быть биогеохимической основой развития группы гипоселенозов: прежде всего, иммунодефицитных состояний и сопряженных с ними канцерогенезом, патологией щитовидной железы (зобная эндемия) и кардиомиопатией. Из всех исследованных этнических групп наименьший риск развития гипоселенозов отмечен у корякского этноса.

Селен относят к кардиопротекторам, участвующим в защите миокарда от влияния кардиотоксических соединений, вирусов, ксенобиотиков. В то же время большую часть территории России относят к селенодефицитным провинциям (Кудрин, Скальный, Жаворонков и др., 2000; Голубкина, Папазян, 2006; Голубкина и др., 2017). Считается, что селен препятствует развитию атеросклероза и необходим для нормализации липидного обмена. Недостаток поступления селена в организм является одним из факторов развития ишемической болезни сердца, с чем связывают ее повышенную частоту в селенодефицитных провинциях (Жестяников, 2005). Также отмечено, что на поддержание нормальной функции эндотелия стенок сосудов оказывает влияние селенопротеин Р, участвующий в защите от повреждения продуктами оксидативного стресса.

Ангиопротективное и кардиопротективное воздействие селена связывают с его с антиоксидантной ролью в организме (Голубкина и др., 2002; Прокопенко В. М., 2002; Muller et al., 2002).

Сниженное поступление в организм селена может быть связано с развитием патологии щитовидной железы (зобной эндемии), атеросклероза, ишемической болезни сердца, иммунодефицитных состояний, онкологических заболеваний.

Хром. Низкое содержание хрома отмечено в группах коряков, чукчей и метисов (Рисунок 18). Гипоэлементоз по хрому может сопровождаться нарушением толерантности к глюкозе (особенно в среднем и пожилом возрасте), невралгиями, снижением уровня холестерина в крови, утомляемостью,

бессонницей, головной болью, изменением массы тела (ожирение, исхудание). Снижение хрома в организме указывает на повышенный риск развития сахарного диабета, ишемической болезни сердца, атеросклероза (Бабенко, 2000; Реутина, 2009; Кожин, Владимирский, 2013; Miralieva, Kubalova, 2014).

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

Таким образом, жители приморской территории Магаданской области подвержены развитию элементозов по нескольким биоэлементам: кальцию, магнию, фосфору, селену, хрому и кобальту. Элементозы являются фактором дизадаптации к условиям среды обитания. Сочетанное низкое содержание этих элементов может приводить к нарушениям со стороны сердечно-сосудистой, иммунной, эндокринной систем и развитию артериальной гипертензии, ишемической болезни сердца, атеросклероза, патологии щитовидной железы (зобной эндемии), иммунодефицитных состояний, онкологических заболеваний, сахарного диабета.

Пришлые жители более подвержены дисбалансу кальция, магния, фосфора в сравнении с аборигенными жителями. Низкое содержание этих элементов в организме пришлых жителей сопряжено с риском структурно-функциональных нарушений костной ткани и скелета. Таким образом, у аборигенных и пришлых жителей отмечены риски патологии со стороны сердечно-сосудистой (артериальная гипертензия, ишемическая болезнь сердца, инфаркт миокарда, инсульт), иммунной (иммунодефицитные состояния), эндокринной систем (патология щитовидной железы, сахарный диабет), риски развития онкологических заболеваний, нарушения со стороны костной ткани и скелета.

3.7. Химический состав питьевой воды

Отличительными чертами природных биогеоценозов Севера являются повышенная уязвимость на фоне сниженных естественной регенерации и

способности к самоочищению (Корчин и др., 2014). Это приводит к быстрой аккумуляции как природных, так и техногенных загрязнителей в почве и водоисточниках. Все эти негативные экологические аспекты являются дополнительными факторами, способствующими развитию на Севере тех или иных острых и хронических заболеваний.

Употребление питьевой воды, загрязненной химическими элементами, может приводить к возникновению негативных эффектов со стороны многих органов и систем организма, а также являться неблагоприятным фактором, вызывающим тревогу в отношении здоровья. В настоящее время большое значение приобрело централизованное обеспечение населенных пунктов водой, соответствующей установленным санитарно-гигиеническим нормативам (Корчина и др., 2018; Трифонова и др., 2022). Ряд исследователей оценивают состояние централизованного питьевого водоснабжения населения России как критическое и требующее незамедлительных мероприятий по его улучшению (Рахманин и др., 2015).

На базе ИЛЦ ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Магаданской области» проведен анализ 231 проб воды из распределительной сети г. Магадана, из них в весенний период года отобрано 130 образцов, в осенний – 101 образец (Таблица 16).

Таблица 16. Оценка 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.

Водородный показатель воды из распределительной сети централизованного водоснабжения в весенний и осенний периоды составил 6,9 и 6,7 соответственно.

Общая жесткость воды в весенний период находилась в диапазоне от 0,16 до 2,1 °Ж, в осенний – от 0,15 до 2,65 °Ж. Согласно данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), поступление кальция и магния в организм в достаточном количестве возможно при условии использования питьевой воды с показателем жесткости около 5 °Ж. Согласно санитарным правилам и нормам (СанПиН 1.2.3685-21, СанПиН 2.1.3684-21), жесткость питьевой воды не должна превышать величину 7 °Ж. Норматив по жесткости физиологической полноценности бутилированной воды (СанПиН 2.1.4.1116-02) соответствует значению от 1,5 до 7 °Ж. Таким образом, показатель жесткости в исследованных пробах не превышает нормативное значение, в то же время может указывать на сниженное поступление кальция и магния в организм жителей г. Магадана.

В весенний период года сухой остаток (общая минерализация) в пробах находился в интервале от менее 50,0 мг/л (19 проб) до 340,0 мг/л, в осенний период от менее 50,0 мг/л (8 проб) до 169,9 мг/л. Это подтверждает сведения о низкой минерализации питьевой воды на территории г. Магадана.

В весенний период концентрация марганца в 13 пробах воды составляла менее 0,001 мг/л, в 44 пробах соответствовала значениям от 0,0015 до 0,072 мг/л, в 1 пробе отмечено превышение установленного гигиенического норматива (0,1 мг/л) – 0,698 мг/л. В осенний период повышенного содержания марганца не определено: в 6 пробах воды указанный элемент был менее 0,001 мг/л, в 27 пробах находится в диапазоне от 0,0011 до 0,0080 мг/л.

Концентрация железа в воде в весенний период менее 0,04 мг/л установлена в 49 пробах, от 0,047 до 0,299 мг/л в 42 пробах, превышение гигиенического норматива (0,3 мг/л) определено в 10 пробах (от 0,308 до 2,2 мг/л). В осенний период года содержание железа в воде менее 0,04 мг/л отмечено в 24 пробах, в 53 пробах диапазон железа составил от 0,041 до 0,270 мг/л, а в 13 пробах определено превышение гигиенического норматива (0,3 мг/л) – от 0,32 до 1,20 мг/л. Таким образом, каждая десятая проба питьевой воды содержит повышенную концентрацию железа, при этом показатель имеет тенденцию к увеличению в летний период. Повышенное содержание указанного элемента, вероятно, связано с окислами железа. Присутствие таких соединений железа с кислородом ассоциировано с техногенным характером загрязнения, а именно с коррозией водопроводных коммуникаций.

Содержание тяжелых металлов (кадмия, свинца, меди, цинка) в холодной воде распределительной сети г. Магадана во всех пробах не превысило установленных гигиенических нормативов.

Таким образом, данных о неблагоприятной экологической ситуации (Таблица 16), связанной с возможным загрязнением воды из распределительной сети тяжелыми металлами (кадмием, свинцом, цинком, медью, марганцем) не выявлено. Это указывает на благоприятную экологическую обстановку по указанным химическим элементам.

Получение значения согласуются с результатами исследования воды на базе лаборатории ООО «Микронутриенты» (г. Москва) (Горбачев, 2021), согласно которым в питьевой воде из системы централизованного водоснабжения г. Магадана превышений ПДК цинка и марганца не установлено.

Достоверных отличий в концентрациях химических элементов воде в зависимости от времени года (летний и зимний периоды) не выявлено. Получены сведения, указывающие на физиологическую неполноценность воды в первую очередь по Ca^{2+} и Mg^{2+} . Медиана и центильный интервал кальция составили 4,52 мкг/г, 2,95–5,30 мкг/г соответственно, для магния указанные показатели равны 0,83 (0,75–1,16) мкг/г. В зимний период года отмечена тенденция к увеличению концентрации Ca и Mg в источниках питьевой воды (родники, распределительная сеть централизованного водоснабжения).

Питьевая вода, согласно рекомендациям ВОЗ, должна содержать кальций и магний в количестве 20–80 мг/л и 10–30 мг/л соответственно. Согласно санитарным правилам и нормам (СанПиН 1.2.3685-21, СанПиН 2.1.3684-21) в питьевой воде на территории России содержание магния не должно превышать значение 50 мг/л, нормативная величина для кальция не установлена. СанПиН 2.1.4.1116-02 определяет требования к физиологически полноценной бутилированной воде по кальцию на уровне 25–130 мг/л, магнию – 5–65 мг/л.

На основании вышеизложенного, концентрация кальция в питьевой воде не должна быть менее 20 мг/л, магния – 5 мг/л. В соответствии с полученными данными, концентрации Ca и Mg в исследованных пробах воды (природных источников и централизованного водоснабжения) значительно ниже гигиенических (физиологических) требований, что указывает на недостаток этих элементов. Низкие уровни указанных химических элементов согласуются с полученными значениями жесткости воды, соответствующими показателю «очень мягкой воды» (до 1,5 ммоль/л). Употребление питьевой воды из источников г. Магадана, которая физиологически несбалансированная по минеральному составу, очень мягкая, ультрапресная, может приводить к нарушениям метаболических процессов и вызывать патологические изменения в организме жителей (Горбачев, 2021).

В то же время вода из централизованной сети водоснабжения отличается повышенным содержанием некоторых элементов (цинк, марганец, железо). В водопроводной воде по сравнению с родниковой водой содержание цинка и

марганца выше на 1-2 порядка, превышений их ПДК в питьевой воде не установлено. При этом концентрация железа ($0,27 \pm 0,005$ мг/л) была приближена к значению ПДК (0,3 мг/л). Несмотря на то, что ПДК железа (0,3 мг/л) в питьевой воде определена принимая во внимание лимитирующий показатель вредности железа, являющийся органолептическим показателем, концентрация железа в воде на уровне 0,27 мг/л может повышать риск нарушений физиологических процессов у жителей г. Магадана.

Отмечено увеличение на порядок уровня селена во всех пробах родниковой воды ($0,002 \pm 0,0007$ мкг/г) относительно питьевой водой из распределительной сети централизованного водоснабжения ($< 0,000195$ мкг/г). Родниковая вода, содержащая более высокую концентрацию селена, обладает улучшенными физиологическими свойствами, вследствие многоплановых эссенциальных свойств этого химического элемента (Горбачев, 2021).

Ранее проведенные исследования (Луговая и др., 2012; Луговая, Степанова, 2016) и полученные нами в ходе анализа данные указывают на отсутствие повышенных концентраций кремния в природной питьевой воде г. Магадана. Во всех исследованных пробах водопроводной и родниковой воды содержание кремния находилось в интервале от 0,77 до 0,95 мкг/г. Таким образом, на 1 л исследованной воды приходится около 1 мг кремния. Это соотносится с минимальными значениями кремния в природных водах: в речной воде его концентрация в среднем соответствует 1–20 мг/л; в подземных источниках 20–30 мг/л.

Наши данные совпадают с результатами полученными другими исследователями: питьевая вода в г. Магадане является безопасной для человека по содержанию большинства химических элементов (условно эссенциальных и токсичных) (Степанова, Луговая, 2023).

3.8. Содержание свинца, кадмия, ртути в пищевых продуктах

Учитывая, что волосы вовлечены в процессы длительного «хранения» биоэлементов, их химический состав отражает особенности питания населения,

проживающего в различных природно-климатических условиях (Марасанов, 2022).

Питание относят к важному средовому фактору, оказывающему влияние на развитие и течение многих заболеваний. Ухудшение экологической обстановки в мире: активное загрязнение почвы и воды токсическими веществами, выбросы предприятий и транспорта в атмосферу обуславливают снижение качества и полноценности питания (Янковская, 2015).

Проведен анализ 129 проб пищевых продуктов, добытых на приморской территории Магаданской области (Таблица 17).

Таблица 17. Содержание токсичных элементов в некоторых морепродуктах из торговой сети г. Магадана

Пищевой продукт	Количество проб с изучаемым показателем	Содержание элемента, мг/кг						Допустимые уровни*, мг/кг, не более		
		Среднее			Максимальное					
		Pb	Cd	Hg	Pb	Cd	Hg	Pb	Cd	Hg
Морская рыба	90	0,1	0,01	0,037	0,44	0,062	0,059	1,0	0,2	0,5
Икра лососевая	19	0,2	0,1	Менее 0,0015	0,52	0,317	Менее 0,0015	1,0	1,0	0,2
Мясо краба	8	1,3	0,04	0,056	4,012	0,084	0,056	10,0	2,0	0,2
Продукты из морских водорослей (ламинария)	12	Менее 0,01	Менее 0,0015	Менее 0,02	Менее 0,01	Менее 0,0015	Менее 0,02	0,5	1,0	0,1

*Примечание: * ТР ТС 021/2011. Технический регламент Таможенного союза. О безопасности пищевой продукции*

В ходе анализа содержания тяжелых металлов в рыбных продуктах определено, что в 46 пробах концентрация свинца не превышала значение 0,01 мг/кг, в 44 пробах в диапазоне от 0,021 до 0,44 мг/кг. Содержание кадмия составило: в 46 образцах менее 0,0015 мг/кг, в 44 образцах – в интервале от 0,0020

до 0,062 мг/кг. Показатель ртути в рыбных продуктах обнаружен в концентрации менее 0,02 мг/кг в 82 пробах, от 0,022 до 0,059 в 8 пробах.

В мясе краба концентрация свинца в 2 образцах составляла менее 0,01 мг/кг, в 6 образцах от 0,03 до 4,01 мг/кг. Концентрация кадмия менее 0,0015 мг/кг отмечена в 4 пробах, от 0,0035 до 0,084 в 4 пробах. Ртуть менее 0,05 мг/кг определена в 7 пробах, в 1 пробе она составила 0,056 мг/кг.

Свинец в икре лососевой менее 0,01 мг/кг определен в 2 пробах, от 0,045 до 0,43 – в 17 пробах. Свинец, кадмий, ртуть в продуктах из морской капусты, ртуть в лососевой икре находились в следовых количествах.

Таким образом, установлено, что концентрация Pb, Cd, Hg во всех исследованных пробах оказалась значительно ниже ПДК. Полученные значения подтверждают сведения об отсутствии загрязнения морепродуктов, поступающих в торговую сеть г. Магадана, такими тяжелыми металлами, как свинец, кадмий, ртуть (Горбачев, 2021; Stepanova, Lugovaya, 2021).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Известно, что медико-социальное состояние коренных жителей Севера является одной из проблем современного Севера России. Заболеваемость и повышенная смертность, низкая рождаемость при высокой ассимиляции, способствовали формированию демографически напряженной ситуации, в связи с чем сформулировано положение о депопуляции северных народов.

Большая часть химических элементов отнесена к жизненно важным «металлам жизни», необходимым для обеспечения обменных реакций и поддержания жизни человека. Показателем нарушения здоровья явились дефицитные или избыточные содержания микроэлементов, являющиеся основой элементозов, т.е. нарушений минерального обмена, и приводящим к определенным экологозависимым заболеваниям (проблемы сердечно-сосудистой системы, патология щитовидной железы, анемия, нарушения опорно-двигательного аппарата и др.).

Объектом исследования явились представители этнодемографических групп, проживающие на приморской территории Магаданской области (г. Магадан, населенные пункты побережья Охотского моря). Это собственно аборигенные группы и пришлые жители. Всего исследовано 513 человек в возрасте 18–35 лет.

Избытка токсичных элементов (свинца, кадмия, ртути) в исследуемых группах не выявлено. В плане загрязнения токсичными элементами, приморскую часть Магаданской области можно считать территорией с относительно благоприятной экологической средой.

В ходе исследования выявлены особенности элементного статуса различных этнических групп (аборигены, метисы, пришлые жители). Отмеченные отклонения содержания биоэлементов от референтных величин связаны с низким содержанием у жителей кальция, магния, кобальта, селена, фосфора, хрома, йода или тенденцией к их понижению. Пониженные уровни биоэлементов наиболее выражены у пришлых жителей. Пришлой население более подвержено дисбалансу кальция, магния, фосфора по сравнению с аборигенными жителями.

Низкое содержание этих элементов в организме сопряжено с рисками развития нарушений со стороны костной ткани и скелета.

Аборигенные и пришлые жители подвержены рискам патологии со стороны сердечно-сосудистой (артериальная гипертензия, ишемическая болезнь сердца, инфаркт миокарда, инсульт), иммунной (иммунодефицитные состояния), эндокринной систем (патология щитовидной железы, сахарный диабет), риски развития онкологических заболеваний.

Пришлые и аборигенное население приморского региона отличается пониженным содержанием йода. Зобная эндемия на территории региона усиливается действие антийодный, зобогенных факторов, в качестве которых выступают тиреотропные элементы (магний, селен, кобальт и др.)

У всех жителей отмечается пониженное содержание селена. Учитывая определяющую роль селена в процессе синтеза йодированных гормонов, дефицит селена может нарушать функциональное состояние щитовидной железы и приводить к формированию зобной эндемии.

Для всех этнодемографических групп характерно пониженное содержание кобальта, причем, популяционная распространенность его низких концентраций достигает 95%. Дефицит кобальта является фактором риска гиповитаминоза В12 (цианкобаламин), следствием чего может быть нарушение эритропоэза и развитие В12–дефицитной анемии. Кроме этого, недостаток кобальта также может приводить к нарушению усвоения йода и развитию зобной эндемии.

У пришлого населения не выявлено отклонений в содержании хрома. Предрасположенность к гипозэлементозу по хрому характерно только для аборигенных групп (за исключением эвенского этноса), что является основой для нарушения обмена сахара и развития сахарного диабета II типа.

Таким образом, приморская часть территории Магаданской области является биогеохимической провинцией с комплексным дефицитом в биосфере кальция, магния, фосфора, селена, фосфора и кобальта. Указанные особенности региональной биогеохимии обусловлены использованием населением поверхностных слабоминерализованных источников питьевой воды.

Слабоминерализованная питьевая вода является основным, постоянно действующим экологическим фактором, приводящим к функциональным нарушениям и развитию эндемических элементозов.

Аборигенное и пришлое население в равной мере подвержены воздействию экологических факторов, однако аборигенное население, в отличие от пришлых жителей, в большей степени адаптированы к низко минерализованным источникам питьевой воды, что проявляется, прежде всего, в лучшей обеспеченности аборигенов кальцием, магнием, фосфором.

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.

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 в организме пришлых жителей нарушает минеральный обмен в костной ткани, и может приводить к развитию патологических процессов (рахит, артрозы, остеопороз и др. формы).

Единственным исключением из относительно оптимального элементного статуса аборигенов является низкий уровень хрома у метисов, коряков и чукчей, у

которых содержание хрома было достоверно ниже в сравнении с показателем в группе пришлого населения. Таким образом, у аборигенных групп может проявляться специфический гипозэлементоз по хрому, запускающий развитие сахарного диабета II типа. Дефицит хрома и нарушения обмена сахара у коренных малочисленных народов севера могут быть связаны с функциональным неусвоением хрома и переходом аборигенов на западную диету с избыточным потреблением простых углеводов.

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 большие энергетические затраты. Известно, что арктические рационы всегда отличались высокой калорийностью, в несколько раз превышающей общепринятую [Рекомендации Проектного офиса..., 2018]. В рационе должно быть достаточное количество жиров, которые являются важным фактором сохранения белка, источником биологически активных веществ, включая витаминно-минеральные комплексы, необходимые для процессов жизнедеятельности (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, влияющим на содержание в тканях и органах макро- и микроэлементов, относится и питьевая вода. Для поддержания биохимического гомеостаза и здоровья населения необходимо обеспечить жителей качественной, физиологически полноценной питьевой водой, содержащей комплекс биологически активных минералов. Как известно, вода способствует

активизации естественных саморегуляционных и защитных возможностей организма.

Слабоминерализованная питьевая вода является важнейшим экологическим фактором, оказывающим непосредственное влияние на минеральный обмен населения г. Магадана. Потребление такой воды может приводить к развитию элементозов (кальций, магний, фосфор, селен, кобальт). В то же время в биосфере не обнаружены повышенные концентрации токсичных химических элементов, что указывает на низкий риск негативного воздействия этих элементов на организм жителей.

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. У коряков, чукчей и метисов содержание в волосах хрома снижено, и было достоверно ниже показателей хрома 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.

РЕКОМЕНДАЦИИ

Снижение рисков развития гипо- и гиперэлементозов, возможно, при проведении комплекса профилактических мероприятий:

– необходима просветительская деятельность среди населения: информирование жителей об эндемических элементозах и их коррекции (контроль питания, использование адресных минералов и комплексных витаминно-минеральных БАДов);

– с целью профилактики элементозов необходимо проведение регионального мониторинга обеспеченности населения биоэлементами;

– на основе изучения традиционного питания аборигенного населения, разработать рекомендации по коррекции питания для пришлого населения.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

АГ – артериальная гипертензия

АИТ – аутоиммунный тиреоидит

ВОЗ – Всемирная организация здравоохранения

ГБ – гипертоническая болезнь

ЖКТ – желудочно-кишечный тракт

ИВ – инверсионная вольтамперометрия

ИСП-АЭС – Атомно-эмиссионная спектрометрия с индуктивно связанной плазмой

ИСП-МС – Масс-спектрометрия с индуктивно связанной плазмой

ЙД – йодный дефицит

КМНС – коренные малочисленные народы Севера

НК – нуклеиновая кислота

СД – сахарный диабет

ЦНС – центральная нервная система

ЩЖ – щитовидная железа

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аблаев, Н. Р. Молекулярные механизмы развития сахарного диабета при дефиците витамина д и хрома (обзор современной литературы) / Н. Р. Аблаев, Д. Ж. Батырбаева // Вестник КАЗНМУ. – 2015. – №. 3. – С. 186-197.
2. Абрамкин, А. Б. К вопросу о биогеохимических провинциях и гигиенической оценке качества питьевой воды / А. Б. Абрамкин // Sciences of Europe. – Т. 8, № 8–1. – 2016. – С. 18-22.
3. Аверьянова, И. В. Состояние липидного и углеводного обмена у студентов-аборигенов и европеоидов с различными сроками проживания на территории Магаданской области / И. В. Аверьянова, А. Л. Максимов // Экология человека. – 2015. – №. 9. – С. 44-49.
4. Авцын, А. П. Микроэлементозы Севера / А. П. Авцын, А. А. Жаворонков // Вопросы медицинской географии Севера. Мурманск: Кн. изд-во, 1986. – С. 9-17.
5. Авцын, А. П. Микроэлементозы человека: этиология, классификация, органопатология / А. П. Авцын, А. А. Жаворонков, М. А. Риш, Л. С. Строчкова. – М.: Медицина, 1991. – 496 с.
6. Авцын, А. П. Патология человека на Севере / А. П. Авцын, А. А. Жаворонков, А. Г. Марачев, А. П. Милованов // М.: Медицина, 1985. – 416 с.
7. Авцын, А. П. Принципы классификации заболеваний биогеохимической природы / А. П. Авцын, А. А. Жаворонков, Л. С. Строчкова // Архив патологии. – 1983. – № 9. – С. 3-14.
8. Агаджанян, Н. А. Экологическая физиология человека / Н. А. Агаджанян, А. Г. Марачев, Г. А. Бобков. М.: Крук, 1998. – 416 с.
9. Агаджанян, Н. А. Экологический портрет человека и роль микроэлементов / Н. А. Агаджанян., М. В. Велданова, А. В. Скальный – М., 2001. – 236 с.
10. Агаджанян, Н. А. Эколого-биогеохимические факторы и здоровье человека / Н. А. Агаджанян, В. Л. Сусликов, Н. В. Ермакова, А. Ш. Капланова // Экология человека. – 2000. – №1. – С. 3-5.

11. Агаджанян, Н. А. Элементный портрет человека: заболеваемость, демография и проблема управления здоровьем нации / Н. А. Агаджанян, А. В. Скальный, В. Ю. Детков // Экология человека. – 2013. – № 11. – С. 3-12.
12. Агаджанян, Н. А. Элементный статус волос на этапах развития стрессорной реакции организма / Н. А. Агаджанян, С. В. Нотова // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2005. – № 11 (Прил.). – С. 59-61.
13. Азаренко, Ю. А. Влияние процессов почвообразования на содержание и распределение микроэлементов в почвах лесостепной и степной зон Омской области / Ю. А. Азаренко // Вестник АГАУ. – 2011. – № 3 (77). – С. 26-31.
14. Азаренко, Ю. А. Закономерности содержания и распределения микроэлементов (Mn, Cu, Zn, Co, Mo, B) в почвах лесостепной и степной зон Омского Прииртышья / Ю. А. Азаренко // Омский научный вестник. – 2012. – № 2 (114). – С. 218-223.
15. Аймагамбетова, А. О. Атерогенез и воспаление / А. О. Аймагамбетова // Наука и здравоохранение. – 2016. № 1. – С. 24-39.
16. Акарачкова, Е. С. Магний в лечении и профилактике цереброваскулярных заболеваний / Е. С. Акарачкова // РМЖ. – 2020. – Т. 28, № 8. – С. 8-12.
17. Алексеева, И. А. К вопросу о состоянии минерального обмена у коренного и пришлого населения, проживающего в районах Крайнего Севера / И. А. Алексеева, С. А. Хотимченко, М. А. Степчук, Б. П. Суханов // Медицина труда и промышленная экология. – 1996. – № 6. – С. 43-46.
18. Алексеенко, В. А. Аграрные ландшафты Кубани и экологическая геохимия: понятия, законы: монография / В. А. Алексеенко, И. С. Белюченко, А. В. Алексеенко. – Краснодар: КубГАУ, 2016. – 380 с.
19. Аллаярова, Г. Р. Особенности элементного состава волос детей, проживающих на территориях с различной антропогенной нагрузкой / Г. Р. Аллаярова, Т. К. Ларионова, Р. А. Даукаев, Е. Е. Зеленковская, С. Р. Афонькина, Э. А. Аухадиева, Д. Э. Мусабиров // Якутский медицинский журнал. – 2023. – № 1. – С. 58-62.

20. Ананьева, Г. В. Социально-экономическое развитие и здоровье малочисленных народов Севера / Г. В. Ананьева, А. Г. Остроушко, В. В. Поступаев и др. – Красноярск, 1990. – С. 9-11.
21. Андросова, Н. К. Геохимия техногенеза в районах разработки месторождений полезных ископаемых / Н. К. Андросова // Записки Горного института. – 2013. – Т. 203. – С. 35-38.
22. Анохин, П. К. Узловые вопросы теории функциональной системы / П. К. Анохин. – Изд. «Наука», 1980. – 197 с.
23. Анохин, П. К. Очерки по физиологии функциональных систем / П. К. Анохин. – М., Медицина, 1975. – 447 с.
24. Антонова, Л. В. Разработка тканеинженерного сосудистого графта малого диаметра для нужд сердечно-сосудистой хирургии / Л. В. Антонова, Ю. А. Кудрявцева // Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний. – 2016. – № 5 (3). – С. 6-9.
25. Афтанас, Л. И. Арктическая медицина: вызовы XXI века / Л. И. Афтанас, М. И. Воевода, В. П. Пузырев // Научно-технические проблемы освоения Арктики / РАН. М.: Наука, 2014. – 117 с.
26. Ахмеджанова, З. И. Макро- и микроэлементы в жизнедеятельности организма и их взаимосвязь с иммунной системой / З. И. Ахмеджанова, Г. К. Жиемуратова, Е. А. Данилова и др. // Журнал теоретической и клинической медицины. – 2020. – № 1. – С. 16-21.
27. Ахполова, В. О. Обмен кальция и его гормональная регуляция / В. О. Ахполова, В. Б. Брин // Журнал фундаментальной медицины и биологии. – 2017. – № 2. – С. 38-46.
28. Бабенко, Г. А. Микроэлементозы человека: патогенез, профилактика, лечение / Г. А. Бабенко // Микроэлементы в медицине. – 2001. – Т. 2, Вып. 1. – С. 2-5.
29. Баевский, Р. М. Основы экологической валеологии человека / Р. М. Баевский, А. Л. Максимов, А. П. Берсенева. Магадан: СВНЦ ДВО РАН; 2001. – 267 с.

30. Байдаулет, И. О. Факторы риска для здоровья детского населения в напряженных экологических условиях загрязнения свинцом / И. О. Байдаулет, З. И. Намозбаева, Г. Н. Досыбаева [и др.] // Гигиена и санитария. – 2013. – № 6. – С. 64-69.
31. Барановская, Н. В. Очерки геохимии человека: монография / Н. В. Барановская, Л. П. Рихванов, Т. Н. Игнатова и др.; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2015. – 378 с.
32. Баришполец, В. А. Анализ глобальных экологических проблем / В. А. Баришполец // Радиоэлектроника. Наносистемы. Информационные технологии. – 2011. – № 3 (1). – С. 79-96.
33. Басова, О. М. Риск здоровью детей малых городов от перорального поступления тяжелых металлов / О. М. Басова, Р. Я. Хамитова // Казанский медицинский журнал. – 2008. – Т. 89, № 2. – С. 203-206.
34. Батурин, А. К. Особенности химического состава рациона и пищевого статуса коренного и пришлого населения Арктики / А. К. Батурин, А. В. Погожева, Э. Э. Кешабянц, С. Х. Сото, И. В. Кобелькова, А. О. Камбаров // Гигиена и санитария. – 2019. – № 98 (3). – С. 319-323.
35. Батурин, А. К. Роль кальция в обеспечении здоровья и снижении риска развития социально значимых заболеваний / А. К. Батурин, Х. Х. Шарафетдинов, В. М. Коденцова // Вопросы питания. – 2022. – Т. 91, № 1 (539). – С. 65-75.
36. Бацевич, В. А. Медико-антропологические аспекты исследования микроэлементного состава волос / В. А. Бацевич, О. В. Ясина // Антропология медицины / Т. И. Алексеева (ред.). М.: Изд-во МГУ, 1989. – С. 198-220.
37. Башкин, В. Н. Биогеохимия / В. Н. Башкин. – М.: Научный мир, 2004. – 584 с.
38. Безель, В. С. Экологическая токсикология: популяционный и биоценотический аспекты / В. С. Безель; Российская академия наук, Уральское

отделение, Институт экологии растений и животных. – Екатеринбург: Гощицкий, 2006. – 279 с.

39. Белоус, А. М. Физиологическая роль железа / А. М. Белоус, Т. Н. Конник. – Киев: «Наукова думка», 1991. – 104 с.

40. Беспалов, В. Г. Дефицит йода в питании как мультидисциплинарная проблема / В. Г. Беспалов, И. А. Туманян // Лечащий врач. – 2019. – № 3. – С. 8.

41. Бирюкова, Е. В. Современный взгляд на роль селена в физиологии и патологии щитовидной железы / Е. В. Бирюкова // Эффективная фармакотерапия. Эндокринология. – 2017. – № 1 (8). – С. 34-41.

42. Бобренко, И. А. Параметры плодородия пахотных почв земель сельскохозяйственного назначения Омской области: монография / И. А. Бобренко, Я. Р. Рейнгард, Ю. В. Аксенова, О. В. Нежевляк [и др.]. – Омск: ЛИТЕРА, 2016. – 108 с.

43. Бондар, В. С. О возможной биологической функции кадмия как аналога кальция / В. С. Бондар // Доклады академии наук. – 1997. – Т. 352, Т. 5. – С. 693-694.

44. Брачун, Т. А. Чукотский этнос: генезис и кризис / Т. А. Брачун, В. Х. Сахибгоряев. – Магадан: Ноосфера, 2009. – 117 с.

45. Брин, В. Б. Влияние ацизола на почечные проявления хронической свинцовой интоксикации / В. Б. Брин, А. К. Митциев, Н. В. Пронина, Х.Х. Бабаниязов // Вестник новых медицинских технологий. – 2008. – Т. XV, № 3. – С. 25-27.

46. Брин, В. Б. Профилактика изменений структуры тканей сердца и почек при хроническом отравлении ацетатом свинца в эксперименте / В. Б. Брин, А. К. Митциев, К. Г. Митциев // Вестник новых медицинских технологий. – 2012. – Т. XIX, № 1. – С. 166-168.

47. Бужилова, А. П. Оценка взаимосвязи морфологических характеристик и концентраций микроэлементов у современных представителей арктического адаптивного типа / А. П. Бужилова, В. А. Бацевич, А. Ю. Бердиева, Д. Ю. Зорина,

О. В. Ясина // Вестник археологии, антропологии и этнографии. – 2013. – № 4 (23). – С. 59-70.

48. Бульбан, А. П. Сравнительная эколого-физиологическая характеристика микроэлементного статуса населения приморской и континентальной территории Магаданской области [Текст]: автореф. дис... канд. биол. наук: 003.00.16 / А. П. Бульбан. – Магадан, 2005. – 23 с.

49. Бульбан, А. П. Микроэлементный статус жителей приморской и континентальной территории Магаданской области / А. П. Бульбан, А. В. Ефимова, Е. А. Луговая // Колымские Вести. – 2003. – № 24. – С. 5-10.

50. Бульбан, А. П. Оценка влияния биогеохимического окружения на элементный статус жителей Магаданской области / А. П. Бульбан // Микроэлементы в медицине. – 2009. – № 10 (1–2). – С. 53-56.

51. Бурлибаев, М. Ж. Перспективы гармонизации стандартов и норм качества вод в странах Центральной Азии и Водной рамочной директивы Европейского союза / М. Ж. Бурлибаев, Т. И. Неронова, И. И. Саидов и др. Алматы: ОО «OST-XXI век», 2010. – 240 с.

52. Бурцева, Т. И. Селен: эссенциальный микроэлемент (обзор) / Т. И. Бурцева, О. И. Бурлуцкая // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2006. – № 2. – С. 7-9.

53. Бурцева, Т. И. Элементный статус детей как отражение эколого-геохимических особенностей территории Оренбургского региона / Т. И. Бурцева, С. В. Нотова, О. О. Фролова, О. И. Бурлуцкая, М. Г. Скальная // Микроэлементы в медицине. – 2009. – Т. 10, вып. 3-4. – С. 49-54.

54. Буюклинская, О. В. Нутриентное поведение человека: монография / О. В. Буюклинская и др.; под ред. доц. А. Н. Плакуева, проф. А. Л. Санникова. – Архангельск: Изд-во Северного государственного медицинского университета, 2013. – 213 с.

55. Вапиров, В. В. Физико-химические свойства, биологическая роль и элементный статус по меди жителей северных регионов России / В. В. Вапиров,

Н. В. Вапирова, С. П. Насонова // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. – 2018. – № 8 (177). – С. 101-104.

56. Вернадский, В. И. Живое вещество / В. И. Вернадский. – М.: Наука, 1978. – 358 с.

57. Виноградова, И. А. Распространенность дефицита кальция в волосах у жителей разного пола и возраста, проживающих в условиях Европейского Севера / И. А. Виноградова, Д. В. Варганова, Ю. П. Матвеева, О. В. Жукова, Е. А. Луговая // Успехи геронтологии – 2023. – Т. 36, №. 1. – С. 109-114.

58. Владимиров, Ю. А. Свободные радикалы в биологических системах / Ю. А. Владимиров // Соросовский образовательный журнал. – 2000. – Т. 6, № 12. – С. 13-19.

59. Вождаева, М. Ю. Оценка качества питьевой воды по результатам расширенных мониторинговых исследований и ее химической безвредности / М. Ю. Вождаева, А. Р. Холова, Е. В. Вагнер, Е. А. Кантор, Л. И. Кантор, Н. В. Труханова, И. А. Мельницкий // Гигиена и санитария. – 2018. – № 97 (2). – С. 117-124.

60. Воронцов, А. Л. Государственное регулирование природопользования и охраны окружающей среды: учеб. пос. / А. Л. Воронцов, Е. В. Воронцова; Минобрнауки России, Юго-Западный государственный университет (ЮЗГУ). – Курск: Юго-Западный гос. ун-т, 2019. – 115 с.

61. Галимов, Э. М. Об академике В. И. Вернадском (к 150-летию со дня рождения) / Э. М. Галимов. – М.: Наука, 2013. – 230 с.

62. Георгиевский, В. И. Минеральное питание животных / В. И. Георгиевский, Б. Н. Анненков, В. Т. Самохин. – М.: Колос, 1979. – 471 с.

63. Гичев, Ю. Ю. Руководство по биологически активным пищевым добавкам / Ю. Ю. Гичев, Ю. П. Гичев. – М: Триадах, 2001. – 232 с.

64. Голубкина, Н. А. Внутрорегиональная вариабельность селенового статуса населения. Юг России / Н. А. Голубкина, А. В. Синдирева, В. Ф. Зайцев // Экология развития. – 2017. – № 12 (1). – С. 107-127.

65. Голубкина, Н. А. Селен в питании. Растения, животные, человек / Н. А. Голубкина, Т. Т. Папазян. – М.: Печатный город, 2006. – 254 с.
66. Гольцова, Т. В. Генетико-демографическая структура популяций коренных народов Сибири в связи с проблемами микроэволюции / Т. В. Гольцова, Л. П. Осипова // Вестник ВОГиС. – 2006. – Т. 10, № 1. – С. 126-154.
67. Гончаренко, А. В. Механизмы повреждающего действия токсических концентраций марганца на клеточном и субклеточном уровнях / А. В. Гончаренко, М. С. Гончаренко // Биологический вестник МДПУ. – 2012. – № 2. – С. 47-57.
68. Горб, Н. Н. Влияние факторов окружающей среды на воспроизводительную функцию сельскохозяйственных животных: метод. Рекомендации/ Н. Н. Горб. – Новосибирск: Изд-во НГАУ, 2011. – 43 с.
69. Горбанев, С. А. Экологические фактора риска нарушений устойчивого демографического развития Арктической зоны Российской Федерации / С. А. Горбанев, Б. А. Моргунов, А. Н. Никанов, В. П. Чащин // Проблемы сохранения здоровья и обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Арктике: материалы III международной научно- практической конференции / под ред. С. А. Горбанева, Н. М. Фроловой. 21–22 октября 2021 г.; Санкт-Петербург. Санкт-Петербург: Издательско-полиграфическая компания «Коста», 2021. – С. 57-66.
70. Горбачев, А. Л. Элементный статус организма в связи с химическим составом питьевой воды / А. Л. Горбачев // Микроэлементы в медицине. – 2006. – № 7 (2). – С. 11-24.
71. Горбачев, А. Л. Особенности элементного статуса аборигенных жителей северных регионов России / А. Л. Горбачев // Микроэлементы в медицине. – 2011. – Т. 12, Вып. 3–4. – С. 48-53.
72. Горбачев, А. Л. Биоэлементный статус аборигенных жителей северных регионов России / А. Л. Горбачев // Северо-Восточный научный журнал. – 2012. – № 3 (11). – С. 37-45.
73. Горбачев, А. Л. Ртуть как приоритетный загрязнитель окружающей среды: уровень ртути и других токсичных элементов в организме аборигенных

жителей Северо-Востока России / А. Л. Горбачев // Микроэлементы в медицине. – 2016. – Т. 17, № 2. – С. 3-9.

74. Горбачев, А. Л. Адаптивный статус аборигенных жителей Магаданской области в связи с этногенезом / А. Л. Горбачев // Вестник Северо-Восточного государственного университета. – 2017. – № 27. – С. 50-52.

75. Горбачев, А. Л. Некоторые итоги и задачи северной биоэлементологии / А. Л. Горбачев // Вестник СВНЦ ДВО РАН. – 2019. – № 3. – С. 117-123.

76. Горбачев, А. Л. Некоторые эколого-медицинские проблемы Севера / А. Л. Горбачев // Вестник СВНЦ ДВО РАН. – 2020. – № 4. – С. 105-113.

77. Горбачев, А. Л. Минеральный состав питьевой воды и его влияние на здоровье жителей г. Магадана / А. Л. Горбачев // Вестник Северо-Восточного государственного университета. – 2020. – № 34. – С. 29-36.

78. Горбачев, А. Л. Влияние химического состава питьевой воды на здоровье населения г. Магадана / А. Л. Горбачев // Микроэлементы в медицине. – 2021. – Т. 22, Вып. 2. – С. 17-24.

79. Горбачев, А. Л. Химический состав, свойства и использование морских водорослей / А. Л. Горбачев // Вестник Северо-Восточного государственного университета. – 2021. – № 36. – С. 95-102.

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

81. Горбачев, А. Л. Биоэлементный статус аборигенных жителей северных регионов России / А. Л. Горбачев, Е. А. Луговая, А. В. Скальный // Микроэлементы в медицине. – 2012. – Т. 13, № 3. – С. 1-6.

82. Горбачев, А. Л. Введение в биоэлементологию: учеб. Пособие / А. Л. Горбачев, Е. А. Луговая // Магадан: СВГУ, 2018. – 115 с.

83. Горбачев, А. Л. Некоторые закономерности элементного статуса жителей северных регионов России на фоне биогеохимической характеристики

Севера / А. Л. Горбачев, А. В. Скальный, Е. А. Луговая // Вестник восстановительной медицины. – 2008. – № 5А (28). – С. 22-25.

84. Горбачев, А. Л. Обеспеченность селеном жителей Магаданской области. Возможные пути профилактики селенодефицита / А. Л. Горбачев, А. П. Бульбан // Вестник СВГУ. – 2010. – Вып. 14. – С. 78-82.

85. Горбачев, А. Л. Элементный профиль организма аборигенных жителей Северо-Востока России / А. Л. Горбачев, Е. А. Луговая // Вестник СВНЦ ДВО РАН. – 2015. – № 1. – С. 86-94.

86. Горбачев, А. Л. Эндемический зоб у детей г. Магадана. Эпидемиология, экологические факторы / А. Л. Горбачев, А. В. Ефимова, Е. А. Луговая // Магадан: Изд-во СМУ, 2004. – 106 с.

87. Горбунов, А. В. Оценка поступления малых доз ртути в организм человека с продуктами питания / А. В. Горбунов, С. М. Ляпунов, О. И. Окина, В. С. Шешуков // Экология человека. – 2017. – № 10. – С. 16-20.

88. Городецкий, В. В. Препараты магния в медицинской практике: Малая энцикл. магния / В. В. Городецкий, О. Б. Талибов. – Москва: Медпрактика-М, 2003 (ПИК ВИНТИ). – 43 с.

89. Гресь, Н. А. Информативность спектроскопии волос при изучении микроэлементных нарушений в организме человека / Н. А. Гресь, Т. М. Юрага, А. Г. Романюк, Саид Хамад, В. П. Сокол // Медицинские новости. – 2013. – № 4. – С. 73-79.

90. Гресь, Н. А. Микроэлементные маркеры патологических клинических синдромов у жителей г. Минска / Н. А. Гресь // Биоэлементы: материалы II Междунар. науч.-практ. конф. Оренбург. Изд-во: ИПК ГОУ «ОГУ», 2006. – С. 49-57.

91. Гресь, Н. А. Микроэлементозы человека: влияние возрастно-половых факторов на баланс остеотропных биоэлементов / Н. А. Гресь, И. В. Тарасюк, Е. В. Руденко и др. // Медицина. – 2009. – № 2. – С. 83-87.

92. Громова, О. А. Витамин D – смена парадигмы / О. А. Громова, И. Ю. Торшин. Под ред. акад. РАН Е. И. Гусева, проф. И. Н. Захаровой. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2017. – 576 с.
93. Громова, О. А. Кальций и его синергисты в поддержке структуры соединительной и костной ткани / О. А. Громова, И. Ю. Торшин, О. А. Лиманова // Лечащий врач. – 2014. – № 5. – С. 69.
94. Громова, О. А. Магний и «болезни цивилизации»: практическое руководство / О. А. Громова, И. Ю. Трошин. – М.: ГЭОТАР-Медиа; 2018. – 800 с.
95. Громова, О. А. О диагностике дефицита магния. Часть 2 / О. А. Громова, А. Г. Калачева, И. Ю. Торшин, Н. В. Юдина, Е. Ю. Егорова, Т. Р. Гришина, В. А. Семенов, Н. В. Прозорова, Т. Ю. Суханова, А. Ю. Белинская // Архивъ внутренней медицины. – 2014. – № (3). – С. 6-10.
96. Громова, О. А. Роль и значение магния в патогенезе заболеваний нервной системы / О. А. Громова, А. А. Никонов // Неврология и психиатрия им. Корсакова. – 2002. – № 12. – С. 45-49.
97. Гудков, А. Б. Эколого-физиологическая характеристика климатических факторов Арктики. Обзор литературы / А. Б. Гудков, О. Н. Попова, А. А. Небученных, М. Ю. Богданов // Морская медицина. – 2017. – № 3 (1). – С. 7-13.
98. Гурциева, Д. А. Биологическая роль магния и применение его соединений в медицине / Д. А. Гурциева, О. В. Неёлова // Успехи современного естествознания. – 2014. – № 8. – С. 165-166.
99. Даллманн, В. Коренной – местный – аборигенный: путаница и проблемы перевода / В. Даллманн, Х. Голдман // Бюллетень ANSIPRA. – 2003. – № 9. – С. 2-3.
100. Дебски, Д. Хром в питании человека / Д. Дебски, М. Гралак // Микроэлементы в медицине. – 2001. – № 2 (4). – С. 12-16.
101. Дедов, И. И. Эндокринология: национальное руководство / Под ред. И. И. Дедова, Г. А. Мельниченко - Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2012. – 1072 с.

102. Дедух, Н. В. Костная ткань в норме и при остеопорозе: препараты кальция и витамина d (обзор литературы) / Н. В. Дедух, Е. А. Побел // Ортопедия, травматология и протезирование. – 2013. – № 3 (592). – С. 92-98.

103. Деева, Н. С. Роль нарушений обмена кальция в индукции иммунной гиперчувствительности при сердечно-сосудистых заболеваниях / Н. С. Деева, А. В. Шабалдин, Л. В. Антонова // Бюллетень сибирской медицины. – 2021. – Т. 20, № 3. – С. 141-151.

104. Демешко, О. Н. Чувствительность к хлориду натрия и нарушения кальциевого обмена у больных артериальной гипертензией: автореф. дис. ... канд. мед. наук / О. Н. Демешко. – СПб., 2003. – 15 с.

105. Денисова, О. А. Микроэлементы и патология щитовидной железы в Томской области / О. А. Денисова, Н. В. Барановская, Л. П. Рихванов и др. – Томск: СТТ, 2011. – 190 с.

106. Добродеева, Л. К. Иммунологическое районирование / Л. К. Добродеева. – Сыктывкар: Коми НЦ УрО РАН, 2001. – 111 с.

107. Доломатов, С. И. Современные аспекты регуляторных, патофизиологических и токсических эффектов, вызываемых ионами кобальта при оральном поступлении в организм человека / С. И. Доломатов, Т. П. Сатаева, В. Жуков // Анализ риска здоровью. – 2019. – № 3. – С. 161-174.

108. Доршакова, Н. В. Особенности патологии жителей Севера / Н. В. Доршакова, Т. А. Карапетян // Экология человека. – 2004. – № 6. – С. 48-52.

109. Драпкина, О. М. Алиментарно-зависимые факторы риска хронических неинфекционных заболеваний и привычки питания: диетологическая коррекция в рамках профилактического консультирования. Методические рекомендации / О. М. Драпкина, Н. С. Карамнова, А. В. Концевая [и др.] // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. – 2021. – Т. 20, № 5. – С. 273-334.

110. Дударев, А. А. Здоровье человека в связи с загрязнением Арктики – результаты и перспективы международных исследований под эгидой АМАП / А. А. Дударев, Й. О. Одланд // Экология человека. – 2017. – № 9. – С. 3-14.

111. Дударев, А. А. Персистентные полихлорированные углеводороды и тяжелые металлы в Арктической биосфере. Основные закономерности экспозиции и репродуктивное здоровье коренных жителей / А. А. Дударев // Биосфера. – 2009. – № 2. – С. 186-202.

112. Егоров, А. И. Применение стандартизованной методологии биомониторинга человека для оценки пренатальной экспозиции к ртути / А. И. Егоров, И. Н. Ильченко, С. М. Ляпунов, Е. Б. Марочкина, О. И. Окина, Б. В. Ермолаев, Т. В. Карамышева // Гигиена и санитария. – 2014. – № 5. – С. 10-18.

113. Еремченко, О. З. Учение о биосфере: учебное пособие для вузов / О. З. Еремченко. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва: Издательство Юрайт, 2023. – 236 с.

114. Ермаков, В. В. Биогеохимическая индикация микроэлементозов / В. В. Ермаков, С. Ф. Тютиков, В. А. Сафонов // Отв. ред. Т. И. Моисеенко. – Москва, 2018. – 386 с.

115. Ермаков, В. В. Вклад В. В. Ковальского в развитие биогеохимии и геохимической экологии / В. В. Ермаков, Ю. В. Ковальский // Биогеохимия - научная основа устойчивого развития и сохранения здоровья человека: труды XI Международной биогеохимической школы, посвященной 120-летию со дня рождения Виктора Владиславовича Ковальского: в 2 томах, Тула, 13–15 июня 2019 года. Том 1. – Тула: Тульский государственный педагогический университет им. Л. Н. Толстого, 2019. – С. 8-14.

116. Ермаков, В. В. Геохимическая экология организмов как следствие системного изучения биосферы / В. В. Ермаков // Проблемы биогеохимии и геохимической экологии. – М: Наука, – 1999. – С. 152-183.

117. Ермаков, В. В. Масса и элементный химический состав живого вещества / В. В. Ермаков // В сборнике: Биогеохимия химических элементов и соединений в природных средах. материалы III Международной школы-семинара молодых исследователей. Под редакцией: В. А. Боева, А. И. Сысо, В. Ю. Хорошавина. 2018. – С. 11-26.

118. Ермаков, В. В. Микроэлементозы: локальные и глобальные аспекты / В. В. Ермаков // Геохимия живого вещества: материалы Междунар. Молодежной школы семинара (Томск, 2–5 июня 2013 г.). Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. – С. 64-76.

119. Ермохин, Ю. И. Влияние кадмия, никеля, цинка на баланс химических элементов в почве / Ю. И. Ермохин, Л. Н. Башкатова, А. В. Синдирева, Н. К. Трубина, А. М. Гиндемит // Вестник Омского ГАУ. – 2019. – № 4 (36). – С. 12-19.

120. Ершов, Ю. А. Роль микроэлементов в жизни / Ю. А. Ершов, Е. М. Второва. – М.: Знание, 1981. – 39 с.

121. Ефремов, А. А. О существующих подходах к районированию северных территорий России / А. А. Ефремов, А. В. Ткачев // Материалы всероссийской научной конференции «Стратегия развития северных регионов России». – Архангельск: Архангельский филиал Института экономики УрО РАН. – 2003. – С. 48-57.

122. Железнов-Чукотский, Н. К. Экологические факторы здоровья населения на территории Северо-Восточной Азии / Н. К. Железнов-Чукотский, Т. К. Железнова // Научный диалог. – 2015. – № 2 (38). – С. 41-62.

123. Жестяников, А. Л. Дисбаланс некоторых макро- и микроэлементов как фактор риска заболеваний сердечно-сосудистой системы на Севере / А. Л. Жестяников // Экология человека. – 2005. – № 9. – С. 19-25.

124. Журавлева, Е. А. Роль цинка и меди в микронутриентном статусе новорожденного / Е. А. Журавлева, Е. Н. Каменская, Е. А. Бульина, Е. В. Сосницкая, И. А. Кирпич, Г. Н. Чумакова // Экология человека. – 2007. – № 11. – С. 23-28.

125. Журавская, Э. Я. Многоэлементный состав крови у коренных жителей Чукотки / Э. Я. Журавская, Л. А. Гырголькау, К. П. Куценогий и др. // Вопросы сохранения и развития здоровья Севера и Сибири: материалы итог. науч. конф. ГУ НИИ медицинских проблем Севера СО РАМН за 2002 г. / под ред. член-корр. РАМН В. Т. Манчука. – Красноярск, 2003. – Вып. 2. – С. 63-64.

126. Журавская, Э. Я. Распространенность железодефицитных состояний в Сибири / Э. Я. Журавская, М. В. Паламарчук, Л. А. Гырголькау, Ф. Р. Мамлеева, И. П. Березовикова // Микроэлементы в медицине. – 2002. – Т. 3, Вып. 1. – С. 54-58.

127. Загайнова, А. В. Оценка микробного риска для установления зависимости между качеством воды и заболеваемостью населения кишечными инфекциями / А. В. Загайнова, Ю. А. Рахманин, Ю. Г. Талаева, С. И. Иванов, Т. З. Артемова, А. Е. Недачин и др. // Гигиена и санитария. – 2010. – № (3). – С. 28-31.

128. Захарченко, М. П. Гигиеническая диагностика водной среды / М. П. Захарченко, Н. Ф. Кошелев, П. Г. Ромашов. – СПб.: Наука, 1996. – 208 с.

129. Землянова, М. А. Оценка химического загрязнения питьевой воды централизованных источников водоснабжения токсичными металлами (на примере Пермского края) / М. А. Землянова, Д. Л. Мазунина, Л. В. Рудакова // Вода: химия и экология. – 2014. – № (10). – С. 113-118.

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

131. Зуев, И. А. Химический состав и экологические свойства почвенно-грунтовых вод Примагаданья / И. А. Зуев, А. И. Сережников // Колыма. – 1998. – № 3. – С. 2-8.

132. Карнаухова, И. В. Исследование содержания меди и активности медь-зависимой супероксиддисмутазы в организме человека / И. В. Карнаухова, О. Ю. Ширяева // Научное обозрение. Биологические науки. – 2018. – № 2. – С. 10-14.

133. Карпин, В. А. Медицинская экология Севера: актуальность, достижения и перспективы (обзор литературы) / В. А. Карпин // Экология человека. – 2021. – № 8. – С. 4-11.

134. Кику, П. Ф. Гигиеническая оценка качества питьевой воды и риски для здоровья населения Приморского края / П. Ф. Кику, Л. В. Кислицына, В. Д. Богданова, К. М. Сабирова // Гигиена и санитария. – 2019. – № 98 (1). – С. 94-101.

135. Ким, И. Н. О содержании ртути в рыбной продукции (обзор литературы) / И. Н. Ким, Т. И. Шпанько // Гигиена и санитария. – 2009. – № 1. – С. 38-42.

136. Кириллова, А. В. К вопросу о патогенезе гипертонической болезни и ишемической болезни сердца при дефиците потребления кальция и магния в условиях Севера / А. В. Кириллова, Н. В. Доршакова, И. П. Дуданов // Экология человека. – 2006. – № 1. – С. 3-8.

137. Киричук, А. А. Биоэлементология как интегративное направление науки о жизни: монография / А. А. Киричук, А. Л. Горбачев, И. Ю. Тармаева. – Москва: РУДН, 2020. – 110 с.

138. Киричук, А. А. Взаимосвязи обмена эссенциальных микроэлементов и функционального состояния сердечно-сосудистой системы у студентов-иностранцев / А. А. Киричук // Микроэлементы в медицине. – 2020. – Т. 21, № 3. – С. 33-42.

139. Киселева, Л. С. Социально-демографическая безопасность коренных малочисленных народов Севера России / Л. С. Киселева // Проблемы устойчивого развития российских регионов: материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием / отв. ред. Л. Н. Руднева. – Тюмень: ТюмГНГУ. – 2015. – С. 136-139.

140. Ковальский, В. В. Геохимическая экология / В. В. Ковальский. – М.: Наука, 1974. – 298 с.

141. Ковальский, Ю. Г. Селеновый статус жителей Хабаровского края 2018 г. / Ю. Г. Ковальский, Н. А. Голубкина, Т. Т. Папазян, О. А. Сенкевич. // Микроэлементы в медицине. – 2019. – № 20 (3). – С. 45-53.

142. Ковальчук, В. К. Оценка фактического потребления железа подростковым населением в регионе с повышенным содержанием железа в питьевой воде / В. К. Ковальчук // Экология человека. – 2015. – № 5. – С. 8-13.

143. Кожанова, Т. Г. Минеральные дистрофии. Нарушение обмена кальция, как многофакторное заболевание / Т. Г. Кожанова, Ж. Ж. Муханов // Аллея науки. – 2020. – Т. 1, № 12 (51). – С. 354-357.

144. Кожин, А. А. Микроэлементозы в патологии человека экологической этиологии / А. А. Кожин, Б. М. Владимирский // Экология человека. – 2013. – № 9. – С. 56-64.
145. Козлов, А. И. Диета Чукотки / А. И. Козлов, В. Нувано, Э. Здор // Химия и жизнь. – 2008. – № 4. – С. 42-45.
146. Колиева, Д. О. Биологическая роль железа и его обнаружение в фармацевтических препаратах / Д. О. Колиева, О. В. Неелова // Успехи современного естествознания. – 2011. – № 11. – С. 100-100.
147. Коровина, Н. А. Применение препаратов магния при сердечно-сосудистых заболеваниях у детей / Н. А. Коровина, Т. М. Творогова, Л. П. Гаврюшева // Лечащий врач. – 2006. – № 3. – С. 10-13.
148. Корчагина, К. В. Оценка загрязнения городских почв тяжелыми металлами с учетом профильного распределения их объемных концентраций: автореферат дис. ... кандидата биологических наук: 03.02.13 / К. В. Корчагина; [Место защиты: Моск. гос. ун-т им. М. В. Ломоносова]. – Москва, 2014. – 25 с.
149. Корчин, В. И. Влияние климатогеографических факторов Ямало-Ненецкого автономного округа на здоровье населения / В. И. Корчин, Т. Я. Корчина, Л. Н. Бикбулатова, Е. М. Терникова, В. В. Лапенко // Журнал медико-биологических исследований. – 2021. – № 1. – С. 77-88.
150. Корчин, В. И. Влияние питания на обеспеченность организма селеном у взрослого населения северного региона / В. И. Корчин, И. В. Лапенко, Ю. С. Макаева // Вопросы диетологии. – 2016. Т. 6, № 2. – С. 35-39.
151. Корчин, В. И. Влияние техногенного загрязнения на окружающую среду и состояние здоровья населения ХМАО – Югры / В. И. Корчин, Т. Я. Корчина, И. В. Лапенко, Ю. С. Макаева, О. В. Казанцева // Научный медицинский вестник Югры. – 2014. – № 1-2 (5-6). – С. 101-105.
152. Корчин, В. И. Содержание химических элементов в водопроводной питьевой воде с различным уровнем очистки (на примере городов Ханты-Мансийского автономного округа) / В. И. Корчин, Л. А. Миняйло, Т. Я. Корчина // Журнал медико-биологических исследований. – 2018. – № 6 (2). – С. 188-197.

153. Корчина, Т. Я. Биотический обмен веществ и элементный портрет человека / Т. Я. Корчина // Экология человека. – 2007. – № 3. – С. 32-36.

154. Корчина, Т. Я. Избыточная концентрация марганца в питьевой воде и риск для здоровья населения северного региона / Т. Я. Корчина, Л. А. Миняйло, В. И. Корчин // Здоровье населения и среда обитания. – 2018. – № 2. – С. 28-33.

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

156. Корчина, Т. Я. Сравнительные показатели содержания железа и марганца в волосах у женщин северного региона с различной очисткой питьевой воды / Т. Я. Корчина, Л. А. Миняйло, О. А. Сафарова, В. И. Корчин // Экология человека. – 2018. – № 4. – С. 4-9.

157. Корчина, Т. Я. Элементные маркеры у больных сахарным диабетом 2-го типа, проживающих в северном регионе / Т. Я. Корчина, В. И. Корчин, К. А. Черепанова, А. Б. Богданович // Микроэлементы в медицине. – 2019. – Т. 20, № 3. – С. 54-61.

158. Красницкий, В. М. Агроэкологический мониторинг в Омской области: учеб. пособие / В. М. Красницкий, И. А. Бобренко, В. И. Попова, И. В. Цыпленкова [и др.]. – Омск: Изд-во ФГБОУ ВО Омский ГАУ, 2016. – 52 с.

159. Красницкий, В. М. Агроэкологический мониторинг почв на правом берегу Иртыша лесостепной зоны Омской области / В. М. Красницкий, И. А. Бобренко, А. Г. Шмидт, О. А. Матвейчик [и др.] // Плодородие. – 2016. – № 3. – С. 33-36.

160. Кудрин, А. В. Иммунофармакология микроэлементов / А. В. Кудрин, А. В. Скальный, А. А. Жаворонков и др. — М.: Изд-во КМК, 2000. – 537 с.

161. Куликов, А. Н. Дефицит комплекса микроэлементов в организме животных и их коррекция: автореферат дис. ... кандидата ветеринарных наук: 06.02.03 / А. Н. Куликов; [Место защиты: С.-Петербург. гос. акад. вет. медицины]. – Санкт-Петербург, 2019. – 20 с.

162. Курашвили, В. А. Новые возможности предотвращения оксидативного стресса / В. А. Курашвили, Л. Майлэм // Журнал натуральной медицины. – 2001. – № 1. – С. 7-14.

163. Куценогий, К. П. Элементный состав крови и волос коренных жителей Севера России с разной биогеохимической средой обитания / К. П. Куценогий, Т. И. Савченко, О. В. Чанкина, Э. Я. Журавская, Л. А. Гырголькау // Химия в интересах устойчивого развития. – 2010. – Т. 18, № 1. – С. 51-61.

164. Лебединцев, А. И. Проблема происхождения северо-восточных палеоазиатов / А. И. Лебединцев // Вестник Северо-Восточного научного центра ДВО РАН. – 2008. – № 3. – С. 67-80.

165. Лубянова, И. П. Обмен железа и характер патологии при его накоплении / И. П. Лубянова // Журн. практ. лік. – 2000. – № 3. – С. 38-41.

166. Луговая, Е. А. Взаимосвязь биоэлементов в организме человека с психофункциональными показателями при неврозоподобных состояниях / Е. А. Луговая, Т. П. Бартош // Здоровье населения и среда обитания – ЗНиСО. – 2023. – № 31(11). – С. 58-65.

167. Луговая, Е. А. Особенности микроэлементного статуса девочек различных районов магаданской области / Е. А. Луговая, А. Л. Максимов // Экология человека. – 2007. – № 1. – С. 24-29.

168. Луговая, Е. А. Особенности состава питьевой воды Магадана и здоровья населения / Е. А. Луговая, Е. М. Степанова // Гигиена и санитария. – 2016. – № 95 (3). – С. 241-246.

169. Луговая, Е. А. Отличительные особенности минерального обмена пришлых и коренных жителей Магаданской области / Е. А. Луговая // Современные проблемы регионального развития: материалы II междунар. конф. Биробиджан, 06-09 окт. 2008 г. / Е. Я. Фрисман (ред.). Биробиджан: ИКАРП ДВО РАН, – 2008. – С. 153-154.

170. Луговая, Е. А. Оценка нутриентной обеспеченности жителей севера с учетом содержания макро- и микроэлементов в пищевых продуктах / Е. А. Луговая, Е. М. Степанова // Вопросы питания. – 2015. Т. 84, № 2. – С. 44-52.

171. Луговая, Е. А. Региональные показатели содержания макро- и микроэлементов в организме жителей г. Магадана: научно-практические рекомендации / Е. А. Луговая, Е. М. Степанова / НИЦ «Арктика» ДВО РАН. Магадан: Типография «Экспресс-полиграфия»: ИП Чингилян, – 2019. – 27 с.

172. Луговая, Е. А. Химический состав питьевой воды г. Магадана и здоровье населения / Е. А. Луговая, А.Л. Горбачев, Е. М. Атласова // Научный медицинский вестник Югры. – 2012. – № 1–2 (1–2). – С. 201-203.

173. Лукманов, Н. А. Элементный состав почв платообразных возвышенностей Южного Урала: дис. ... кандидата Биологических наук: 03.02.13 / Н. А. Лукманов; [Место защиты: ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет»], 2018. – 147 с.

174. Лукьянчиков, В. С. Кальций: физиология. Онтогенетический и клинический аспект / В. С. Лукьянчиков // Новые исследования. – 2012. – № 2 (31). – С. 5-13.

175. Лыжина, А. В. Химическое загрязнение продуктов питания и его влияние на здоровье населения Архангельской области / А. В. Лыжина, Р. В. Бузинов, Т. Н. Унгурияну, А. Б. Гудков // Экология человека. – 2012. – № 12. – С. 3-9.

176. Лысиков, Ю. А. Роль и физиологические основы обмена макро- и микроэлементов в питании человека / Ю. А. Лысиков // Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология. – 2009. – № 2. – С. 120-131.

177. Мазаев, В. Т. Руководство по гигиене питьевой воды и питьевого водоснабжения / В. Т. Мазаев, А. П. Ильницкий, Т. Г. Шлепина. М.: Медицинское информационное агентство; 2008 – 320 с.

178. Мазунина, Д. Л. Негативные эффекты марганца при хроническом поступлении в организм с питьевой водой / Д. Л. Мазунина // Экология человека. – 2015. – № 3. – С. 25-31.

179. Майлян, Д. Э. Роль дисметаболизма кальция в патогенезе сердечно-сосудистых заболеваний / Д. Э. Майлян, В. В. Коломиец // Российский кардиологический журнал. – 2019. – Т. 24, № 9. – С. 78-85.

180. Майстренко, В. Н. Экологический мониторинг суперэкоотоксикантов / В. Н. Майстренко, Р. З. Хамитов, Г.К. Будников – М.: Химия, 1996. – 320 с.
181. Максимов, А. Л. Влияние условий труда и природно-экологических факторов Северо-Востока России на гормональный статус женщин, занятых в золотодобывающем производстве / А. Л. Максимов, Т. П. Бартош // Экология человека. – 1999. – № 2. – С. 12-15.
182. Максимов, А. Л. Современные методологические аспекты адаптации аборигенных и коренных популяций на Северо-Востоке России / А. Л. Максимов // Экология человека. – 2009. – № 6. – С.17-21.
183. Максимов, А. Л. Физиолого-морфологические особенности формирования тиреоидного статуса у аборигенного и приезжего населения Магаданской области / А. Л. Максимов, А. Л. Горбачев // Физиология человека. – 2001. – Т. 27, № 4. – С. 130-136.
184. Малов, А. М. Медико-экологические аспекты ртутной контаминации в условиях мегаполиса / А. М. Малов, М. Л. Александрова // Экология. – 2009. – Т. 10, № 4. – С. 102-112.
185. Мансурова, Л. А. Физиологическая роль кремния / Л. А. Мансурова, О. В. Федчишин, В. В. Трофимов, Т. Г. Зеленина, Л.Е. Смолянко // Сибирский медицинский журнал. – 2009. – № (7). – С. 16-18.
186. Манчук, В. Т. Состояние здоровья коренных и малочисленных народов Севера, Сибири и Дальнего Востока, особенности формирования патологии / В. Т. Манчук, Л. А. Надточий. – Красноярск, 2012. – 338 с.
187. Манчук, В. Т. Состояние и тенденции формирования здоровья коренного населения Севера и Сибири / В. Т. Манчук, Л. А. Надточий // Бюллетень Сибирского отделения Российской академии наук. – 2010. – Т. 30, № 3. – С. 24-32
188. Марасанов, А. В. Инновационный подход к исследованию адаптационных резервов и элементного статуса у населения Арктической зоны РФ (обзор) / А. В. Марасанов // Журн. мед.-биол. исследований. – 2023. – Т. 11, № 3. – С. 351-366.

189. Марупов, А. М. Отравление металлической ртутью / А. М. Марупов, А. А. Стопницкий // Вестник экстренной медицины. – 2010. – № 4. – С. 77-80.
190. Мельниченко, Г. А. Йододефицитные заболевания как неинфекционная эпидемия: взгляд на проблему в условиях пандемии COVID-19 / Г. А. Мельниченко, Е. А. Трошина, Г. А. Герасимов // Терапевтический архив. – 2020. – Т. 92. № 10. – С. 4-8.
191. Меньщикова, Е. Б. Окислительный стресс. Проксиданты и антиоксиданты / Е. Б. Меньщикова, В. З. Ланкин, Н. К. Зенков, И. А. Бондарь, Н. Ф. Круговых, В. А. Труфакин. – М.: Фирма «Слово», 2006. – 556 с.
192. Миняйло, Л. А. Влияние низкого содержания кальция и магния в питьевой воде на здоровье населения северного региона / Л. А. Миняйло, Т. Я. Корчина, А. С. Сухарева // Медицина труда и промышленная экология. – 2017. – № 9. – С. 132.
193. Михеева, Е. В. Экология почв. Природные биогеохимические провинции Среднего Урала: учебно-методическое пособие/ Е. В. Михеева, Е. А. Байтимилова. – Екатеринбург: Изд. УГГУ, – 2015. – 79 с.
194. Моисеенко, В. Г. Интоксикация человеческого организма металлической ртутью / В. Г. Моисеенко, В. И. Радомская, С. М. Радомский, Ю. Г. Пискунов, Т. А. Савинова, А. В. Леншин // Вестник ДВО РАН. – 2004. – № 3. – С. 100-110.
195. Морозова, Т. Е. Препараты магния в кардиологической практике / Т. Е. Морозова, О. С. Дурнецова // Лечащий врач. – 2014. – № 4. – С. 95-99.
196. Морщакова, Е. Ф. Регуляция гомеостаза железа / Е. Ф. Морщакова, Д. Д. Павлов // Гематол. и трансфузиол. – 2003. – Т. 48, № 1. – С. 36-39.
197. Мочкин, И. А. Магния оротат в практике терапевта и кардиолога / Мочкин И. А., Максимов М. Л. // Медицинские новости. – 2020. – № 6 (309). – С. 43-46.
198. Мубаракшина, О. А. Препараты магния в комплексной терапии и профилактике сердечно-сосудистых заболеваний / О. А. Мубаракшина, М. Н. Сомова // Фарматека. – 2014. – № 9. – С. 55-58.

199. МУК 4.1.1482-03. Определение содержания химических элементов в диагностируемых биосубстратах, поливитаминных препаратах с микроэлементами, биологически активных добавках к пище и сырье для их изготовления методом атомной эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной аргоновой плазмой. – М., 2003. – 28 с.

200. МУК 4.1.1483-03. Определение содержания химических элементов в диагностируемых биосубстратах, препаратах и биологически активных добавках методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной аргоновой плазмой. – М., 2003. – 36 с.

201. Надточий, Л. А. Депопуляция коренных и малочисленных народов и проблема сохранения этносов Северо-Востока России / Л. А. Надточий, С. В. Смирнова, Е. П. Бронникова // Экология человека. – 2015. – № 2. – С. 3-11.

202. Недогада, С. В. Роль препаратов магния в ведении пациентов терапевтического профиля / С. В. Недогада // Лечащий врач. – 2009. – № 6. – С. 16-19.

203. Нестеренко, А. О. Анализ элементного состава сыворотки крови и волос подростков разных этнических групп хабаровского края на фоне рациона питания и техногенного загрязнения территории / А. О. Нестеренко, Е. Д. Целых, Н. К. Христофорова, Н. В. Бердников // Сеченовский вестник. – 2018. – № 2. – С. 26-32.

204. Никанов, А. Н. Экологические аспекты накопления минеральных элементов в организме населения, проживающего в районах интенсивной промышленной деятельности в европейской части Арктической зоны России: монография / А. Н. Никанов, В. М. Дорофеев, В. В. Мегорский, В. К. Жиров. – Апатиты: Издательство ФИЦ КНЦ РАН, 2020. – 87 с.

205. Никитин, Ю. П. Сахарный диабет и метаболический синдром в Сибири и на Дальнем Востоке / Ю. П. Никитин, М. И. Воевода, Г. И. Симонова // Вестник РАМН. – 2012. – № 1 – С. 66-74.

206. Никифорова, В. А. История изучения проблемы адаптации коренных малочисленных народов севера к природным условиям окружающей среды / В. А.

Никифорова, В. А. Кудашкин, С. А. Кириюткин // Проблемы социально-экономического развития Сибири. – 2021. – № 1 (43). – С. 139-142.

207. Никифорова, Н. А. Особенности питания жителей Севера (обзор литературы) / Н. А. Никифорова, Т. А. Карапетян, Н. В. Доршакова // Экология человека. – 2018. – № 11. – С. 20-25.

208. Новиков, В. С. Роль минеральных веществ и микроэлементов в сохранении здоровья человека / В. С. Новиков, Е. Б. Шустов // Вестник образования и развития науки Российской академии естественных наук. – 2017. – № 3. – С. 5-16.

209. Новикова, Ю. А. К вопросу оценки качества питьевой воды систем централизованного водоснабжения в современных условиях / Ю. А. Новикова, К. Б. Фридман, В. Н. Федоров, А. А. Ковшов, Н. А. Тихонова, И. О. Мясников // Гигиена и санитария. – 2020. – № 99 (6). – С. 563-568.

210. Нормативы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации. Метод. рекомендации МР 2.3.1.2432-08.3.2.1. Рациональное питание. М., 2008. – 40 с.

211. Нотова, С. В. Нарушения обмена цинка и меди при сахарном диабете 2-го типа (обзор) / С. В. Нотова, Е. В. Кияева, Т. В. Казакова, О. В. Маршинская, Д. В. Поляница // Микроэлементы в медицине. – 2023. – № 24 (4). С. 28-33.

212. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в городе Магадане в 2022 году: Доклад. – Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Магаданской области, 2023. – 105 с.

213. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Магаданской области в 2022 году: Доклад. – Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Магаданской области, 2023. – 165 с.

214. Оберлис, Д. Биологическая роль макро- и микроэлементов у человека и животных / Д. Оберлис, Б. Харланд, А. Скальный // СПб.: Наука; 2008. – 544 с.

215. Овсянникова, А. И. Возможности регуляторных влияний селена на функциональную активность нейтрофильных гранулоцитов в условиях свинцовой интоксикации / А. И. Овсянникова, Л. З. Болиева, А. С. Цогоев // Вестник новых медицинских технологий. – 2013. – Т. XX, № 1. – С. 89-91.

216. Онищенко, Г. Г. Бенчмаркинг качества питьевой воды / Г. Г. Онищенко, Ю. А. Рахманин, Ф. В. Кармазинов, В. А. Грачев, Е. Д. Нефедова // СПб: Новый журнал; 2010. – 463 с.

217. Онищенко, Г. Г. Гигиеническая индикация последствий для здоровья при внешнесредовой экспозиции химических факторов / Г. Г. Онищенко, Н. В. Зайцева, М. А. Землянова // под ред. Г. Г. Онищенко. Пермь: Книжный формат, 2011. – 532 с.

218. Онищенко, Г. Г. О состоянии и мерах по обеспечению безопасности хозяйственно-питьевого водоснабжения населения Российской Федерации / Г. Г. Онищенко // Гигиена и санитария. – 2010. – № 3. – С. 4-5.

219. Павленко, В. И. Коренные малочисленные народы Российской Арктики (проблемы и перспективы развития) / В. И. Павленко, А. Петров, С. Ю. Куценко, Г. Ф. Деттер // Экология человека. – 2019. – № 1. – С. 26-33.

220. Панасенко, Л. М. Роль основных минеральных веществ в питании детей / Л. М. Панасенко, Т. В. Карцева, Ж. В. Нефедова, Е. В. Задорина // Вестн. Перинатол. и педиатр. – 2018. – Т. 63, № 1. – С. 122-127.

221. Петров, И. М. Современные особенности питания и иммунная система / И. М. Петров, Т. А. Гагина, И. А. Трошина, И. В. Медведева // Сибирский медицинский журнал. – 2006. – № 6. – С. 10-14.

222. Петросян, В. С. Глобальное загрязнение окружающей среды ртутью и ее соединениями / В. С. Петросян // Россия в окружающем мире: 2006 (Аналитический ежегодник) / Под общ. ред. Н. Н. Марфенина, С. А. Степанова. М.: МНЭПУ, Авант, 2007. – С.149-163.

223. Петухов, В. И. Проблемы интегральной оценки элементного статуса человека по данным спектрометрии волос / В. И. Петухов, Е. В. Дмитриев, А. П.

Шкестерс, А. В. Скальный // Микроэлементы в медицине. – 2006. – Т. 7, № 4. – С. 7-14.

224. Полонская, Я. В. Роль микро- и макроэлементов в развитии атеросклеротической бляшки / Я. В. Полонская, Е. В. Каштанова // Российский кардиологический журнал. – 2019. – № 24 (5). – С. 90-94.

225. Полянская, И. С. Новая классификация биоэлементов в биоэлементологии/ И. С. Полянская // Молочнохозяйственный вестник. – 2014. – № 1 (13). – С. 34-42.

226. Пономаренко, А. М. Особенности распределения ртути в тканях и органах рыб в модельном эксперименте / А. М. Пономаренко, Н. Ю. Степанова, В. З. Латыпова, М. А. Перевозников // Токсикологический вестник. – 2007. – № 1. – С. 22-25.

227. Попова, Е. В. Химические элементы в окружающей среде. Биоразнообразие и проблемы экологии Горного Алтая: настоящее, прошлое, будущее / Е. В. Попова, Г. И. Эдокова. – Горно-Алтайск: РИО ГАГУ, 2005. – С. 164-167.

228. Попугаева, Е. А. Передача сигнала в нейронах с участием ионов кальция и нейродегенеративные заболевания / Е. А. Попугаева, О. Л. Власова, И. Б. Безпрозванный // Труды Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого. – 2015. – № 517. – С. 209-219.

229. Потапнев, М. П. Иммунные механизмы стерильного воспаления / М. П. Потапнев // Иммунология. – 2015. – № 36 (5). – С. 312-317.

230. 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.

231. Прокопенко, В. М. Селеносодержащие белки и беременность / В. М. Прокопенко // Журнал акушерства и женских болезней. – 2002. – Т. LI, Вып. 4. – С. 73-76.

232. Прохоров, Б. Б. Медико-географическая информация при освоении новых районов Сибири / Б. Б. Прохоров. Новосибирск: Наука, 1979. – 200 с.

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

234. Радыш, И. В. Введение в элементологию: учебное пособие / И. В. Радыш, А. В. Скальный, С. В. Нотова, О. В. Маршинская, Т. В. Казакова; Оренбургский гос. ун.-т. – Оренбург: ОГУ, 2017 – 183 с.

235. Рахманин, Ю. А. Гигиеническое обоснование управленческих решений с использованием интегральной оценки питьевой воды по показателям химической безвредности и эпидемиологической безопасности / Ю. А. Рахманин, А. В. Мельцер, А. В. Киселев, Н. В. Ерастова // Гигиена и санитария. – 2017. – № 96 (4). – С. 302-305.

236. Рахманин, Ю. А. Качество питьевого водоснабжения в РФ / Ю. А. Рахманин, Р. И. Михайлова, Д. Б. Каменецкая // Контроль качества продукции. – 2015. – № 9. – С. 7-13.

237. Рахманин, Ю. А. Кремний, его биологическое действие при энтеральном поступлении в организм и гигиеническое нормирование в питьевой воде. Обзор литературы / Ю. А. Рахманин, Н. А. Егорова, Г. Н. Красовский, Р. И. Михайлова, А. В. Алексеева // Гигиена и санитария. – 2017. – № 96 (5). – С. 492-498.

238. Рахманин, Ю. А. Регламентирование содержания кремния в питьевой воде: проблемы и пути решения / Ю. А. Рахманин, Р. И. Михайлова, И. Н. Рыжова, М. Г. Кочеткова // Russian Journal of Environmental and Rehabilitation Medicine. – 2022. – № 4. – С. 58-65.

239. Рахманин, Ю. А. Стратегические подходы управления рисками для снижения уязвимости человека вследствие изменения водного фактора / Ю. А. Рахманин, О. Д. Доронина // Гигиена и санитария. – 2010. – № 89 (2). – С. 8-13.

240. Ребров, В. Г. Витамины и микроэлементы / В. Г. Ребров, О. А. Громова – М.: АЛЕВ-В, 2003. – 670 с.

241. Рекомендации Проектного офиса развития Арктики (ПОРА) по итогам заседания дискуссионного клуба ПОРА 23 января 2018 года по теме: «„Арктическая диета” и здоровое питание». 15 февр. 2018 г. URL: <https://goarctic.ru/society/rekomendatsii-proektnogo-ofisa-razvitiya-arktiki-pora-po-itogam-zasedaniya-diskussionnogo-> (дата обращения: 04.11.2022).

242. Реутина, С. В. Роль хрома в организме человека / С. В. Реутина // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. – 2009. – № 4. – С. 50-55.

243. Родионова, Л. В. Физиологическая роль макро и микроэлементов (обзор литературы) / Л. В. Родионова // Бюллетень ВСНЦ СО РАМН. – 2005. – 6 (44). – С. 195-199.

244. Рыбкин, В. С. Тяжелые металлы как фактор возможных экологически обусловленных заболеваний в Астраханском регионе / В. С. Рыбкин, А. Н. Богданов, Ю. С. Чуйков, Г. А. Теплая // Гигиена и санитария. – 2014. – № 2. – С. 27-31.

245. Савченков, М. Ф. Здоровье населения и окружающая среда / М. Ф. Савченков // Сибирский медицинский журнал. – 2010. – № 3. – С. 124-127.

246. Сальникова, Е. В. Потребность человека в цинке и его источники (обзор) / Е. В. Сальникова // Микроэлементы в медицине. – 2016. – 17 (4). – С. 11-15.

247. Сальникова, Е. В. Цинк – эссенциальный элемент (обзор) / Е. В. Сальникова // Вестник ОГУю. – 2012. – Т. 146, № 10. – С. 170-172.

248. Санитарные правила и нормы СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».

249. Санитарные правила и нормы СанПиН 2.1.3684-21 «Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации

производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий».

250. Санитарные правила и нормы СанПиН 2.1.4.1116-02 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды, расфасованной в емкости».

251. Сапожников, С. П. Роль биогеохимических факторов в развитии краевой патологии / С. П. Сапожников, А. В. Голенков // Микроэлементы в медицине. – 2001. – № 2 (3). – С. 70-72.

252. Сапожников, С. П. Роль соединений кремния в развитии аутоиммунных процессов (обзор) / С. П. Сапожников, В. С. Гордова // Микроэлементы в медицине. – 2013. – 14 (3). – С. 3-13.

253. Сатюкова, Л. П. Контроль и изучение токсичных элементов в комбикормах с целью раннего выявления элементных токсикозов у птиц / Л. П. Сатюкова // РЖ «Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии». – 2017. – № 1 (21). – С. 91-96.

254. Сафарян, А. С. Роль магния в развитии сердечно-сосудистой патологии и возможности ее предотвращения и коррекции препаратами магния (Часть 1) / А. С. Сафарян, В. Д. Саргсян, Т. В. Камышова, Н. М. Ахмеджанов, Д. В. Небиеридзе, Е. А. Поддубская // Рациональная Фармакотерапия в Кардиологии. – 2019. – № 15 (5). – С. 725-735

255. Сафарян, А. С. Роль магния в развитии сердечно-сосудистой патологии и возможности ее предотвращения и коррекции препаратами магния (Часть 2) / А. С. Сафарян, В. Д. Саргсян, Д. В. Небиеридзе // Рациональная Фармакотерапия в Кардиологии. – 2020. – № 16 (3). – С. 457-464.

256. Сивцева, А. И. Микроэлементный состав крови у аборигенных жителей Арктики / А. И. Сивцева, Е. Н. Сивцев, С. С. Шадрина и др. // Якутский мед. журнал. – 2019. – № 2. – С. 82-85.

257. Сивцева, Е. Н. Содержание основных химических элементов в сыворотке крови современных эвенков, коренного этноса российской Арктики / Е. Н. Сивцева, С. С. Шадрина, Т. К. Давыдова, С. И. Сивцев, В. Н. Мельников, И. А. Киренский // Якутский медицинский журнал. – 2023. – № 1. – С. 92-96.

258. Синдирева, А. В. Критерии и параметры действия микроэлементов в системе почва – растение – животное: автореф. дис. ... д-ра биол. наук / А. В. Синдирева. – Тюмень, 2012. – 32 с.
259. Скальная, М. Г. Йод: биологическая роль и значение для медицинской практик / М. Г. Скальная // Микроэлементы в медицине. – 2018. – № 19 (2). – С. 3-11.
260. Скальная, М. Г. Макро- и микроэлементы в питании современного человека: эколого-физиологические и социальные аспекты / М. Г. Скальная, С. В. Нотова. – М.: РОСМЭМ, 2004. – 310 с.
261. Скальная, М. Г. Химические элементы-микронутриенты как резерв восстановления здоровья жителей России / М. Г. Скальная, Р. М. Дубовой, А. В. Скальный. – Оренбург: РИК ГОУ ОГУ, 2004. – 239 с.
262. Скальный, А. В. Микроэлементозы человека (диагностика и лечение) / А. В. Скальный – М.: Научный мир, 1999. – 96 с.
263. Скальный, А. В. Референтные значения концентрации химических элементов в волосах, полученные методом ИСП-АЭС (АНО «Центр биотической медицины») / А. В. Скальный // Микроэлементы в медицине. – 2003. – Т. 4, № 1. – С. 55-56.
264. Скальный, А. В. Микроэлементы для вашего здоровья / А. В. Скальный. – М.: Оникс, 2004. – 320 с.
265. Скальный, А. В. Химические элементы в физиологии и экологии человека / А. В. Скальный – М.: Издательский дом «Оникс 21 век»: Мир, 2004. – 216 с.
266. Скальный, А. В. Биоэлементы в медицине / А. В. Скальный, И. А. Рудаков – М.: Издательский дом «ОНИКС 21 век»: Мир, 2004. – 272 с.
267. Смирнова, Т. Л. Физиологическое значение железа, йода, селена, хрома, никеля, кадмия и кальция в биологических процессах у женщин в различные возрастные периоды жизни (обзор литературы) / Т. Л. Смирнова, Л. И. Герасимова //Здравоохранение Чувашии. – 2018. – № 4. – С. 41-55.

268. Собуров, К. А. Влияние содержания селена на состояние иммунитета и окислительного гомеостаза у горных популяций Центрального Тянь-Шаня / К. А. Собуров, А. А. Казыбекова, Г. А. Захаров // Вестник ТГУ. – 2016. – № 21 (6). – С. 2295-2299.

269. Собуров, К. А. Показатели иммунного статуса и перекисного окисления липидов в условиях горной среды и дефицита селена / К. А. Собуров, А. А. Вишневский, Н. Б. Тюмонбаева // Ульяновский медико-биологический журнал. – 2014. – № 3. – С. 88-92.

270. Соловьева, Е. А. Обмен железа в организме / Е. А. Соловьева // Вестник неотложной и восстановительной медицины. – 2005. – Т. 6, № 1. – С. 196–200.

271. Солонин, Ю. Г. Исследования по широтной физиологии (обзор) / Ю. Г. Солонин // Журнал медико-биологических исследований. – 2019. – Т. 7, № 2. – С. 228-239.

272. Сороко, С. И. Комплексное многопараметрическое исследование системных реакций организма человека при дозированном гипоксическом воздействии / С. И. Сороко, Э. А. Бурых, С. С. Бекшаев, Е. Г. Сергеева // Физиология человека. – 2005. – № 31 (5). – С. 88-109.

273. Справка о состоянии и перспективах использования минерально-сырьевой базы Магаданской области на 15.03.2021 г. – URL: <https://www.rosnedra.gov.ru/data/Fast/Files/202104/b6dfb3c33f49219bf2a65e79be868fef.pdf> (дата обращения 06.10.2023).

274. Степанова, Е. М. Минеральный состав ягод дикорастущих растений лесной зоны Магадана / Е. М. Степанова, Е. А. Луговая // Химия растительного сырья. – 2022. – № 2. – С. 343-350.

275. Степанова, Е. М. Содержание химических элементов в водопроводной воде и воде из родниковых питьевых источников разных районов Магаданской области / Е. М. Степанова, Е. А. Луговая // Химия в интересах устойчивого развития. – 2023. – Т. 31, № 1. – С. 118-125.

276. Степкин, Ю. И. Оценка риска здоровью населения Воронежской области, связанная с загрязнением питьевой воды химическими веществами / Ю. И. Степкин, Н. П. Мамчик, А. В. Платунин, И. В. Колнет, В. И. Русин // Гигиена и санитария. – 2012. – № 5. – С.105-106.

277. Судаков, К. В. Физиология. Основы и функциональные системы: Курс лекций/ Под ред. К. В. Судакова. – М.: Медицина, 2000. – 784 с.

278. Суляндзига, Р. В. Коренные малочисленные народы Севера, Сибири и Дальнего Востока Российской: обзор современного положения / Р. В. Суляндзига, Д. А. Кудряшова, П. В. Суляндзига. – Москва: [б. и.], 2003. – 142 с.

279. Сусликов, В. Л. Геохимическая экология болезней. [В 4 т.]. Т. 1. Диалектика биосферы и ноосферы / В. Л. Сусликов // – Москва: Гелиос АРВ, 1999. – 410 с.

280. Сусликов, В. Л. Геохимическая экология болезней. [В 4 т.]. Т. 2. Атомовиты / В. Л. Сусликов. – Москва: Гелиос АРВ, 2000. – 671 с.

281. Сусликов, В. Л. Геохимическая экология болезней. [В 4 т.]. Т. 3. Атомовитозы / В. Л. Сусликов – Москва: Гелиос АРВ, 2002. – 670 с.

282. Сусликов, В. Л. Эколого-биогеохимическое районирование территорий – методологическая основа для оценки среды обитания и здоровья населения / В. Л. Сусликов // микроэлементы в медицине. – 2004. – Т. 5, Вып. 4. – С. 136-138.

283. Сыркин, А. Л. Преимущества оротата магния для коррекции магний-дефицитных состояний у больных с различными формами нарушений ритма сердца / А. Л. Сыркин, Г. И. Салагаев, Е. А. Сыркина, А. В. Лысенко // Кардиология и сердечно-сосудистая хирургия. – 2019. – № 12 (4). – С. 308-313.

284. Талыкова, Л. В. Тенденции смертности коренного населения трудоспособного возраста Корякского округа и населения моногорода арктического региона в 1968–1991 гг. / Л. В. Талыкова, В. В. Мегорский, В. Р. Быков // Экология человека. – 2022. – Т. 29, № 9. – С. 617-629.

285. Таций, Ю. Г. О возможности использования волос в качестве биоиндикатора загрязнения окружающей среды ртутью / Ю. Г. Таций // Вестник

Тюменского государственного университета. Экология и природопользование. – 2013. – № 12. – С. 158-164.

286. Теучеж, А. А. Роль фосфора в развитии живых организмов / А. А. Теучеж // Экологический Вестник Северного Кавказа. – 2018. – Т. 14, № 1. – С. 50-53.

287. Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» (утв. решением Комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 г. N 880).

288. Тиньков, А. А. Механизмы адипотропного действия цинка и их роль в патогенезе ожирения / А. А. Тиньков // Патогенез. – 2020. – Т. 18. – №2. – С. 20-26.

289. Тиньков, А. А. Нарушения обмена химических элементов при ожирении и ассоциированных метаболических расстройствах и роль их коррекции в профилактике метаболического синдрома: дис. ... доктора медицинских наук: 14.03.03 / А. А. Тиньков; [Место защиты: ФГАОУ ВО Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет)]. – Москва, 2022. – 304 с.

290. Тиньков, А. А. Сравнительная оценка паттернов кумуляции токсичных и эссенциальных микроэлементов в волосах женщин из городов Тверь, Ярославль и Вологда / А. А. Тиньков, А. Р. Грабеклис, Т. В. Коробейникова, Ю. В. Зайцева, Е. А. Флерова, А. Л. Мазалецкая, Н. Ф. Костина, А. А. Степанов // Микроэлементы в медицине. – 2023. – № 24 (4). С. 40-51.

291. Транковская, Л. В. Нарушения микро- и макроэментного гомеостаза как струмогенный фактор / Л. В. Транковская, В. Н. Лучанинова, Н. В. Федорова // Российский педиатрический журнал. – 2004. – № 2. – С. 17-20.

292. Трахтенберг, И. М. Ртуть как глобальный химический загрязнитель / И. М. Трахтенберг, М. Н. Коршун, К. П. Козлов // Токсикологический вестник. – 2006. – № 3. – С. 2-8.

293. Трисветова, Е. Л. Магний в клинической практике / Е. Л. Трисветова // Рациональная Фармакотерапия в Кардиологии. –2012. – № 8 (4). – С. 545-553.
294. Трифонова, Т. А. Оценка качества питьевой воды родников г. Владимира / Т. А. Трифонова, О. В. Савельев, А. А. Марцев, О. Г. Селиванов, Ю. Н. Курбатов, Л. Н. Романова // Здоровье населения и среда обитания. – 2022. – Т. 30. № 6. – С. 23-31.
295. Трошина, Е. А. Аналитический обзор результатов мониторинга основных эпидемиологических характеристик йододефицитных заболеваний у населения Российской Федерации за период 2009–2018 гг. / Е. А. Трошина, Н. М. Платонова, Е. А. Панфилова // Проблемы эндокринологии. – 2021. – Т. 67, № 2. – С. 10-19.
296. Трошина, Е. А. Йододефицитные заболевания в Российской Федерации: время принятия решений / Е. А. Трошина, Н. М. Платонова, Ф. М. Абдулхабирова, Г. А. Герасимов // Под ред. И. И. Дедова, Г. А. Мельниченко. - М.: ОАО «Конти-Принт», 2012. – 232 с.
297. Указ Губернатора Магаданской области от 1 февраля 2019 г. № 27-у «Об утверждении лесного плана Магаданской области».
298. Ульрих, С. М. Ртуть в природных водных объектах: обзор фактов, влияющих на метилирование / С. М. Ульрих, Т. В. Тантон, С. В. Абдрашитова // Environ. Sci. and Technol. – 2001. – № 31 (3). – С. 241-293.
299. Халидулина, Х. Х. Международное регулирование свинца и его соединений / Х. Х. Халидулина, Ю. О. Давыдова // Гигиена и санитария. – 2013. – № 6. – С. 57-59.
300. Хаснулин, В. И. Устойчивость к психоэмоциональному стрессу на Севере в зависимости от импринтированного типа адаптивного реагирования / В. И. Хаснулин, А. В. Хаснулина // Экология человека. – 2013. – № 1. – С. 8-13.
301. Хаснулин, В. И. Дискомфортность окружающей среды для жизнедеятельности населения и районирование территорий России / В. И. Хаснулин, А. К. Собакин, П. В. Хаснулин, Е. Р. Бойко // Экология человека. – 2004. – № 6. – С.43-47.

302. Хаснулин, В. И. Подходы к районированию территорий России по условиям дискомфорта окружающей среды для жизнедеятельности населения / В. И. Хаснулин, А. К. Собакин, П. В. Хаснулин, Е. Р. Бойко // Сибирский научный медицинский журнал. – 2005. – № 6. – С. 43-47.

303. Хаснулин, В. И. Показатели смертности от болезней органов кровообращения в зависимости от среднегодовой температуры воздуха и географической широты проживания в РФ / В. И. Хаснулин, В. В. Гафаров, М. И. Воевода, М. В. Артамонова // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2015. – № 6–2. – С. 255-259.

304. Хаснулин, В. И. Реальное состояние здоровья жителей высоких широт в неблагоприятных климатогеографических условиях Арктики и показатели официальной статистики здравоохранения / В. И. Хаснулин, М. В. Артамонова, П. В. Хаснулин // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2015. – № 9–1. – С. 68-73.

305. Хаснулин, В. И. Северный стресс и формирование артериальной гипертензии на Севере / В. И. Хаснулин, А. В. Хаснулина // Научный медицинский вестник Югры. – 2012. – № 1–2 (1–2). – С. 283-289.

306. Хаснулин, В. И. Современный взгляд на охрану здоровья коренных жителей Севера / В. И. Хаснулин // Материалы Всерос. научн. конф. с междунар. участием, посвященной 25-летию НИИ медицинских проблем Севера СО РАМН «Север-Человек: Проблемы сохранения здоровья». Красноярск, 2001. – С. 27-33.

307. Хаховская, Л. Н. К этногенезу Северо-Восточных палеоазиатов / Л. Н. Хаховская // Геология, география, биологическое разнообразие и ресурсы Северо-Востока России: материалы Дальневост. регион. конф., посвящ. памяти А. П. Васильковского и в честь его 100-летия (Магадан, 22–24 нояб. 2011 г.). – Магадан: СВНЦ ДВО РАН, 2011. – С. 241-242.

308. Хаховская, Л. Н. Коренные народы Магаданской области в XX – начале XXI вв. / Л. Н. Хаховская. – Магадан: СВНЦ ДВО РАН, 2008. – 229 с.

309. Хаховская, Л. Н. Традиционное летоисчисление эвенков и коряков Магаданской области (в связи с современными этническими праздниками встречи

нового года) / Л. Н. Хаховская // Вестник Северо-Восточного научного центра ДВО РАН. 2023. – № 3. – С. 88-101.

310. Хрипач, Л. В. Роль свободнорадикального окисления в повреждении генома факторами окружающей среды / Л. В. Хрипач, Ю. А. Ревазова, Ю. А. Рахманин // Вестник РАМН. – 2004. – № 3. – С. 16-18.

311. Чанчаева, Е. А. Количественное содержание свинца в волосах населения России: систематический обзор / Е.А. Чанчаева, А.М. Гржибовский, М.Г. Сухова // Экология человека. – 2022. – Т. 29, № 6. – С. 371-389.

312. Чарушин, В.Н. Химические элементы в медицине / В. Н. Чарушин, Ю. А. Титова, Е. Р. Милаева // Вестник Российской академии наук. – 2020. – Т. 90, № 4. – С. 335-345.

313. Чашин, В. П. Социально-экономические и поведенческие факторы риска нарушений здоровья среди коренного населения Крайнего Севера / В. П. Чашин, А. А. Ковшов, А. Б. Гудков, Б.А. Моргунов // Экология человека. – 2016. – № 6. – С. 3-8.

314. Черных, Н. А. Тяжелые металлы и здоровье человека / Н. А. Черных, Ю. И. Баева // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. – 2004. – № 1 (10). – С. 125-134.

315. Чурилов, А. В. Содержание свинца в биосредах здоровых женщин репродуктивного возраста / А. В. Чурилов, Е. А. Соловьева, К. П. Козлов // Вестник неотложной и восстановительной медицины. – 2011. – Т. 12, № 3. – С. 347-349.

316. Чурина, С. К. Эколого-физиологические аспекты формирования артериальной гипертензии в условиях Ленинграда: факты и гипотезы / С. К. Чурина // Физиологический журнал СССР. – 1988. – № 11. – С. 1615-1631.

317. Шейбак, В. М. Синтез и секреция инсулина: роль катионов цинка / В. М. Шейбак // Журнал Гродненского государственного медицинского университета. – 2015. – № 1. – С. 5-8.

318. Шейбак, Л. Н. Роль значение цинка в перинатологии / В. М. Шейбак // Журнал Гродненского государственного медицинского университета. – 2015. – № 2. – С. 30-36.

319. Шилов, А. М. Дефицит калия и магния как фактор риска развития сердечно-сосудистых заболеваний / А. М. Шилов, Л. В. Князева // РМЖ. – 2013. – Т. 21, № 5. – С. 278-281.

320. Шилов, А. М. Дефицит магния и сердечно-сосудистые заболевания: патофизиология и лечение в условиях первичного звена здравоохранения / А. М. Шилов, А. О. Осия // РМЖ. – 2014. – Т. 22, № 2. – С. 156-161.

321. Шилов, А. М. Препараты магния (Магнерот) и сердечно-сосудистые заболевания в практике врача первичного звена здравоохранения / А. М. Шилов, А. О. Осия // Трудный пациент. – 2013. – № 12. – С.12-19.

322. Шилов, В. В. Острые и хронические отравления ртутью / В. В. Шилов, В. П. Чашин, В. Д. Великова, Е. В. Полозова, Р. В. Константинов. – СПб.: Издательский дом СПбМАПО, 2006. – 38 с.

323. Школьников, М. А. Метаболизм магния и терапевтическое значение его препаратов / М. А. Школьников, С. Н. Чупрова, Л. А. Калинин и др.// Пособие для врачей. М.: Медпрактика, 2002. – 32 с.

324. Штыкова, О. Н. Цинкдефицитные дети: долговременные последствия и перспективы здоровья / О. Н. Штыкова, Т. И. Легонькова, Т. Г. Степина, О. В. Войтенкова, В. В. Сафронов, М. И. Стефанюк // Пищевая непереносимость у детей. Современные аспекты диагностики, лечения, профилактики и диетотерапии Сборник трудов. – 2018. С. 176-183.

325. Шугалей, И. В. Некоторые аспекты влияния алюминия и его соединений на живые организмы / И. В. Шугалей, А. В. Гарабаджиу, М. А. Илюшин, А. М. Судариков // Экологическая химия. – 2012. – № 6 (13). – С. 172-186.

326. Щеплягина, Л. А. Питание беременной женщины и программирование заболеваний ребенка на разных этапах онтогенеза (теоретические и практические

вопросы) / Л. А. Щеплягина, О. К. Нетребенко // Лечение и профилактика. – 2012. – Т. 1, № 2. – С. 6-15.

327. Юланова, А. Н. Понятие «коренные народы» в современном международном и конституционном праве / А. Н. Юланова, Н. А. Филиппова // Вестник Сургутского государственного университета. – 2016. – № 4 (14). – С. 131-135.

328. Янковская, Л. В. Риск развития и возможности коррекции ряда заболеваний при дефиците микроэлементов: акцент на магний и калий / Л. В. Янковская // Медицинские новости. – 2015. – № 9. – С. 7-11.

329. Янковская, Л. В. Риск развития и возможности коррекции ряда заболеваний при дефиците микроэлементов: акцент на магний и калий / Л. В. Янковская // Международные обзоры: клиническая практика и здоровье. – 2015. – № 6 (18). – С. 23-36.

330. Ahamed, M. Environmental exposure to lead and its correlation with biochemical indices in children / M. Ahamed, S. Verma, A. Kumar, M. K. Siddiqui // Sci. Total Environ. – 2005. – V. 346. № 1–3. – P. 48-55.

331. Alfassi, Z. B. Determination of trace elements / Z. B. Alfassi // VCH, Weinheim. N.Y., 1994. – 608 p.

332. Andersen, R. A. Effect of supplemental chromium on patients with symptoms of reactive hypoglycemia / R. A. Andersen, M. M. Polansky, N. A. Bryden et al. // Metabolism. – 1987. – Vol. 36, № 4. – P. 351-355.

333. Anderson, R. A. Chromium and parenteral nutrition / R.A. Anderson // Nutrition. – 1995. – Vol. 11. – P. 83-86.

334. Anderson, R. A. Elevated intakes of supplemental chromium improve glucose and insulin variables in individuals with type 2 diabetes / R. A. Anderson, N. Cheng, N. A. Bryden, M. M. Polansky, N. Cheng, J. Chi, J. Feng // Diabetes. – 01 Nov 1997. – Vol. 46 (11). – P. 1786-1791.

335. Andersson, A. On the influence of manure and fertilizers on the distribution and amounts of plant available cadmium in soils / A. Andersson // Schwed. J. Agric. Res. – 1976. – Vol. 6. – P. 27.

336. Bagga S., Levy L. Overview of Research into the Health Effects of Manganese (2002-2007) Report, Institute of Environment and Health for the Manganese Health Research Program (MHRP), Institute of Environment and Health, Cranfield University. Available at http://www.manganese_health.org/data/assets/pdf_file/0017/53171/Effects_of_Manganese.pdf (Accessed July 07, 2018).

337. Bansal, P. Intranasal administration of a combination of choline chloride, vitamin C, and selenium attenuates the allergic effect in a mouse model of airway disease / P. Bansal, S. Saw, D. Govindaraj, N. Arora // *Free Radic Biol Med.* – 2014 Aug. – Vol. 73. – P. 358-365.

338. Bar-Or, D. Characterization of the Co (2+) and Ni (2+) binding amino-acid residues of the N-terminus of human albumin. An insight into the mechanism of a new assay for myocardial ischemia / D. Bar-Or, G. Curtis, N. Rao et al. // *Eur. J. Biochem.* – 2001. – Vol. 268, № 1. – P. 42-47.

339. Batzevich, V. A. Hair trace element analysis in human ecology studies/ V. A. Batzevich // *Sci Total Environ.* – 1995. – Vol. 164. – P. 89-98.

340. Bernard, S. R. Dosimetric data and metabolic model for Lead / S. R. Bernard // *Health Phys.* – 1977. – V. 32. № 1. – P. 44-46.

341. Bjørklund, G. The Role of Zinc and Copper in Insulin Resistance and Diabetes Mellitus / G. Bjørklund, M. Dadar, L. Pivina, M. D. Doşa, Y. Semenova, J. Aaseth // *Curr Med Chem.* 2020. – V. 27 (39). – P.6643-6657.

342. Blaine, J. Renal control of calcium, phosphate, and magnesium homeostasis / J. Blaine, M. Chonchol, M. Levi // *Clin. J. Am. Soc. Nephrol.* – 2015. – № 10 (7). – P. 1257-1272.

343. Bobrenko, I. A. Improving Competitiveness of the Wheat Production within the Siberian Region (in Terms of the Omsk region) / I. A. Bobrenko, O. V. Shumakova, N. V. Goman, Y. I. Novikov, V. I. Popova, O. A. Blinov et al. // *Journal of Advanced Research in Law and Economics.* – 2017. – V. VIII, Is. 2 (24). – P. 426-436.

344. Bonfeld-Jorgensen, E. C. Biomonitoring in Greenland human biomarkers of exposure and effects – a short review / E. C. Bonfeld-Jorgensen // *Rural Remote Health*. – 2010. – № 10 (2). – P. 1362.
345. Catalani, S. Neurotoxicity of cobalt / S. Catalani, M. C. Rizzetti, A. Padovani, P. Apostoli // *Hum. Exp. Toxicol.* – 2012. – Vol. 31, № 5. – P. 421-437.
346. Choi, S. Zinc in the Brain: Friend or Foe? / S. Choi, D. K. Hong, B. Y. Choi, S.W. Suh // *Int J Mol Sci.* – 2020. – № 21 (23). – P. 8941.
347. Clarkson, T. W. The toxicology of mercury and its chemical compounds / T. W. Clarkson, L. Magos // *Crit Rev Toxicol.* – 2006. Vol. 36. – P. 609-620.
348. Daaboul, D. Repletion of zinc in zinc-deficient cells strongly up-regulates IL-1beta-induced IL-2 production in T-cells / D. Daaboul, E. Rosenkranz, P. Uciechowski, L. Rink // *Metallomics*. – 2012. – Vol. 4, N 10. – P. 1088-1097.
349. Dai, Y. Preconditioning and post-treatment with cobalt chloride in rat model of perinatal hypoxic-ischemic encephalopathy / Y. Dai, W. Li, M. Zhong, J. Chen, Y. Liu, Q. Cheng, T. Li // *Brain. Dev.* – 2014. – Vol. 36, № 3. – P. 228-240.
350. Dastoor, A. Arctic atmospheric mercury: Sources and changes / A. Dastoor, S. J. Wilson, O. Travnikov, A. Ryjkov, H. Angot, J. H. Christensen, F. Steenhuisen, M. Muntean // *Sci. Total Environ.* 2022. 839:156213. doi: 10.1016/j.scitotenv.2022.156213. Epub 2022 May 24. PMID: 35623517.
351. Dawson-Hughes, B. The role of calcium in bone growth and preservation. World Congress on Osteoporosis, Osteoarthritis and Musculoskeletal Diseases (WCO-IOF-ESCEO 2017) / B. Dawson-Hughes // *Osteoporosis Int.* – 2017. – Vol. 28, S 1. – P. 99-126.
352. De Boeck, M. Cobalt and antimony: genotoxicity and carcinogenicity / M. De Boeck, M. Kirsch-Volders, D. Lison // *Mutat Res.* – 2003. – Vol. 533. – P. 135-152.
353. De Francisco, A. L. Magnesium – its role in CKD / A. L. De Francisco, M. Rodriguez // *Nefrologia*. – 2013. – № 33 (3). – P. 389-399.
354. De Lucca, L. Oxidative Profile and δ -Aminolevulinate Dehydratase Activity in Healthy Pregnant Women with Iron Supplementation / L. De Lucca, F.

Rodrigues, L. B. Jantsch, W. S. Neme, F. M. Gallarreta, T. L. Gonçalves // *Int J Environ Res Public Health*. – 2016 May 3. – Vol. 13 (5). pii: E463.

355. De Roos, A. J. Review of Epidemiological Studies of Drinking-Water Turbidity in Relation to Acute Gastrointestinal Illness / A. J. De Roos, P. L. Gurian, L. F. Robinson, A. Rai, I. Zakeri, M. C. Kondo // *Environmental Health Perspectives*. – 2017. – Vol. 125, № 8. – P. 086003.

356. Diplock, A. T. Antioxidant nutrients and disease prevention: an overview / A. T. Diplock // *Am. J. Clin. Nutr.* – 2000. – № 73. – P. 36-40.

357. Dobson, A. Manganese Neurotoxicity / A. Dobson, K. Erikson, M. Aschner // *Annals of the New York Academy of Science*. – 2004. – № 1012. – P. 115-128.

358. Dreosti, E. Magnesium status and health / E. Dreosti // *Nutr. Rev.* – 1995. – Vol. 53. – P. 23-27.

359. Egeland, G. M. Hair methylmercury levels of mummies of the Aleutian Island, Alaska / G. M. Egeland, R. Ponce, N. S. Bloom, R. Knecht, S. Loring, J. P. Middaugh // *Environ Res.* – 2009. – № 109 (3). – P. 281-286.

360. Endoh, H. Improved cardiac contractile functions in hypoxia-reoxygenation in rats treated with low concentration Co (2+) / H. Endoh, T. Kaneko, H. Nakamura et al. // *Am. J. Physiol. Heart Circ. Physiol.* – 2000. – Vol. 279, N 6. – P. 2713-2719.

361. Erdem, O. Influence of chronic cadmium exposure on the tissue distribution of copper and zinc and oxidative stress parameters in rats / O. Erdem, N. Yazihan, M. K. Kocak, A. Sayal, E. Akcil // *Toxicol Ind Health*. – 2016 Aug. – Vol. 32 (8). – P. 1505-1514.

362. Farooq, M. A. Silicon as Versatile Player in Plant and Human Biology: Over looked and poorly Understood / M. A. Farooq, K-J. Dietz // *Front. Plant Sci.* – 2015. – Vol. 6. – P. 1-14.

363. Fatemi, S. Effect of Experimental Human Magnesium Depletion on Parathyroid Hormone Secretion and 1,25-Dihydroxyvitamin D Metabolism / S. Fatemi, E. Ryzen, J. Flores et al. // *J. Clin. Endocr. Metab.* – 1991. – Vol. 73 (5). – P.1067-1072.

364. Feng, J. Role of Magnesium in Type 2 Diabetes Mellitus / J. Feng, H. Wang, Z. Jing, Y. Wang, Y. Cheng, W. Wang, W. Sun // *Biol Trace Elem Res.* – 2020 Jul. – V. 196(1). – P.74-85.
365. Galster, W. A. Mercury in Alaskan Eskimo mothers and infants / W. A. Galster // *Environ Health Perspect.* – 1976. – Vol. 15. – P. 135-140.
366. Gao, X. Selenium Deficiency Deteriorate the inflammation of *S. aureus* Infection via Regulating NF- κ b and PPAR- γ in Mammary Gland of Mice / X. Gao, Z. Zhang, Y. Li, X. Hu, P. Shen, Y. Fu, Y. Cao, N. Zhang // *Biol Trace Elem Res.* – 2016 Jul. – Vol. 172 (1). – P. 140-147.
367. Garcimartín, A. Organic silicon protects human neuroblastoma SH-SY5Y cells against hydrogen peroxide effects / A. Garcimartín, J. J. Merino, M. P. González, M. I. Sánchez-Reus, F. J. Sánchez-Muniz, S. Bastida et al. // *BMC Complement. Altern. Med.* – 2014. – Vol. 14. – P. 384.
368. Gattineni, J. Mercury intoxication: lack of correlation between symptoms and levels / J. Gattineni, S. Weiser, A. M. Becker, M. Baum // *Clinical pediatrics.* – 2007. – Vol. 46. №. 9. – P. 844-846.
369. Golubkina, N. A. The human selenium status in 27 regions of Russia / N. A. Golubkina, G. Alfthan // *J Trace Elem. Med. Biol.* – 1999. – Vol. 13 (1–2) – P. 15-20.
370. Gorbachev, A. L. Bioelement effects on thyroid gland in children living in iodine adequate territory / A. L. Gorbachev, A. V. Skalny, R. V. Koubassov // *J. of Trace Elements in Medicine and Biology.* – 2007. – V.21S1. – P. 56-58.
371. Gorbachev, A. L. Bioelement status shown by the aboriginal residents of Russia's northern regions / A. L. Gorbachev, E. A. Lugovaya, A. V. Skalny // *Conservation of environment for human health / National environmental Science Academe. NewDelhi.* – 2013. – P. 65-73.
372. Hie, M. Administration of zinc inhibits osteoclastogenesis through the suppression of RANK expression in bone / M. Hie, I. Tsukamoto // *Eur. J. Pharmacol.* – 2011. – Vol. 668, № 1. – P. 140-146.

373. Hossain, A. Selenium Biofortification: Roles, Mechanisms, Responses and Prospects / A. Hossain, M. Skalicky, M. Brestic, et al. // *Molecules*. – 2021. – Vol. 26 (4). – P. 881.

374. Hu, L. An assay to determine the sensitive window of embryos to chemical exposure using *Xenopus tropicalis* / L. Hu, L. Wu, Y. Xue, J. Zhu, H. Shi // *J. Appl Toxicol*. – 2016 May. – Vol. 36 (5). – P. 685-691.

375. Hylander, L. D. Environmental costs mercury pollution / L. D. Hylander, M. E. Goodsite // *Sci Total Environ*. – 2006. – Vol. 368. – P. 352-370.

376. Ibrahim, N. M. The effect of lead toxicity on experimental male albino rat / N. M. Ibrahim, E. A. Eweis, H. S. Elbetagi, Y. E. Abdel-Mobdy // *Biol. Trace Element Res*. – 2011. – Vol. 144. № 1–3. – P. 1120-1132.

377. Ioannidis, J. Evolution of treatment effects over time: empirical insight from recursive cumulative metaanalyses / J. Ioannidis, J. Lau // *Proc. Natl. Acad. Sci. U S A*. – 2001. – Vol. 98 (3). – P. 831-836.

378. Jablonska, E. Cadmium, arsenic, selenium and iron- Implications for tumor progression in breast cancer / E. Jablonska, K. Socha, E. Reszka, E. Wieczorek, J. Skokowski, L. Kalinowski, W. Fendler, B. Seroczynska, M. Wozniak, M. H. Borawska, W. Wasowicz // *Environ Toxicol Pharmacol*. – 2017 Jul. – Vol. 53. – P. 151-157.

379. Jensen, S. K. Dietary Micronutrient Intake of Participants in a «Partners Together in Health» Cardiac Rehabilitation Intervention / S. K. Jensen, B. Yates, E. Lyden, K. S. Krogstrand, C. Hanson // *J Cardiopulm Rehabil Prev*. – 2018. – Vol. 38 (6). – P. 388-393.

380. Ji, J. Low expression of ferroxidases is implicated in the iron retention in human atherosclerotic plaques / J. Ji, Y. Zhou, S. Hao, Q. Wang, K. Li, N. Qiao // *Biochemical and biophysical research communications*. – 2015. – Vol. 464 (4). – P. 1134-1138.

381. Jugdaohsingh, J. Silicon and bone health / J. Jugdaohsingh // *J. Nutr. Health Aging*. – 2007. – Vol. 11 (2). – P. 99-110.

382. Jurkić, L. M. Biological and therapeutic effects of orthosilicic acid and some ortho-silicic acid-releasing compounds: New perspectives for therapy / L. M.

Jurkić, I. Cepenec, S. K. Pavelić, K. Pavelić // *Nutr. Metab. (Lond)*. – 2013. – Vol. 10 (1). – P. 2.

383. Kaim, W. *Bioinorganic Chemistry: Inorganic Elements in the Chemistry of Life* / W. Kaim, B. Schwederski // Chichester: John Wiley and Sons, – 1994. – 401 p.

384. Kim, J. *Association between Serum Selenium Level and the Presence of Diabetes Mellitus: A Meta-Analysis of Observational Studies* / J. Kim, H. S. Chung, M. K. Choi, Y. K. Roh, H. J. Yoo, J. H. Park, D. S. Kim, J. M. Yu, S. Moon // *Diabetes Metab J*. – 2019 Aug. – V. 43 (4). – P.447-460.

385. Kimura, T. *The functions of metallothionein and ZIP and ZnT transporters: an overview and perspective* / T. Kimura, T. Kambe // *Int. J. Mol. Sci.* – 2016. – Vol. 1, № 3. – P. 336.

386. Kisters, K. *Early-onset increased calcium and decreased magnesium concentrations and an increased calcium/magnesium ratio in SHR versus WKY* / K. Kisters, F. Wessels, F. Tokmak // *Magnes Res.* – 2004. – Vol. 17, № 4. – P. 264-269.

387. Kondratiuk, V. A. *Isolated and combined effect of lead nanoparticles and lead acetate with sodium and potassium stearates at peroral intake into organism* / V. A. Kondratiuk, O. Ye. Fedoriv, O. V. Lototska // *Environment and helth.* – 2016. – Vol. № 3 (79). – P. 37-41.

388. Krupka, K. *Badanie pierwiastkow wlosow* / K. Krupka, S. Puczowski // *Laboratorium Pierwatkow Nieznaczej Ilosti. Lodz, 2004.* – 23 p.

389. Lakhkar, N. J. *Bone formation controlled by biologically relevant inorganic ions: role and controlled delivery from phosphate-based glasses* / N. J. Lakhkar, I. H. Lee, H. W. Kim, V. Salih, I. B. Wall, J. C. Knowles // *Adv Drug Deliv Rev.* – 2013. – Vol. 65 (4). – P. 405-420.

390. Lemly, A. D. *Teratogenic effects and monetary cost of selenium poisoning of fishin Lake Sutton, North Carolina* / A. D. Lemly // *Ecotoxicol Environ Saf.* – 2014 Jun. – Vol. 104. – P. 160-167.

391. Li, Y. *Association of urinary cadmium with risk of diabetes: a meta-analysis* / Y. Li, Y. Zhang, W. Wang, Y. Wu // *Environ Sci Pollut Res Int.* – 2017 Apr. – Vol. 24 (11). – P. 10083-10090.

392. Li, Y. Rapid translocation of Zn²⁺ from presynaptic terminals into postsynaptic hippocampal neurons after physiological stimulation / Y. Li, C. J. Hough, S. W. Suh, J. M. Sarvey, C. J. Frederickson // *J. Neurophysiol.* – 2001. – Vol. 86. – P. 2597-2604.
393. Liang, Y. Folic acid attenuates cobalt chloride-induced PGE₂ production in HUVECs via the NO/HIF-1 α /COX-2 pathway / Y. Liang, X. Zhen, K. Wang, J. Ma // *Biochem. Biophys. Res. Commun.* – 2017. – Vol. 490, № 2. – P. 567-573.
394. Liu, Y. Exposing to cadmium stress cause profound toxic effect on microbiota of the mice intestinal tract / Y. Liu, Y. Li, K. Liu, J. Shen // *PLoS One.* – 2014 Feb 3. – Vol. 9 (2): e85323.
395. Martin, K. R. Silicon: the health benefits of a metalloid. *Met. Ions* / K. R. Martin // *Life Sci.* – 2013. – Vol. 13. – P. 451-73.
396. Mason, J. B. Vitamins, trace minerals, and other micronutrients / J. B. Mason // L. S. Goldman, I. Andrew (Eds.). *Cecil Medicine*, Philadelphia: Saunders Elsevier, – 2016. – P. 1445-1455.
397. Mertens, K. Low zinc and selenium concentrations in sepsis are associated with oxidative damage and inflammation / K. Mertens, D. A. Lowes, N. R. Webster, J. Talib, L. Hall, M. J. Davies, J. H. Beattie, H. F. Galley // *Br J Anaesth.* 2015 Jun; 114 (6). – P. 990-999.
398. Miralieva, S. A. The biological role of chromium / S. A. Miralieva, L. M. Kubalova // *Modern high technology.* – 2014. – № 7. – P. 91.
399. Mishra, K. P. Effect of lead exposure on serum immunoglobulins and reactive nitrogen and oxygen intermediate / K. P. Mishra, U. K. Chauhan, S. Naik // *Hum. Exp. Toxicol.* – 2006. – Vol. 25, № 11. – P. 661-665.
400. Miyake, Y. Lack of association between water hardness and coronary heart disease mortality in Japan / Y. Miyake, M. Iki // *Int. J. Cardiol.* – 2004. – Vol. 96, № 1. – P. 25-28.
401. Momčilović, B. Hair iodine for human iodine status assessment / B. Momčilović, J. Prejac, V. Višnjević, M. G. Skalnaya, N. Mimica, S. Drmić, A. V. Skalny // *Thyroid.* – 2014 Jun. – Vol. 24 (6). – 1018-1026.

402. Momčilović, B. On decoding the syntax of the human hair bioelement metabolism, 16th International Symposium on Trace Elements in Men and Animals (TEMA 16), Book of Abstracts, St. Petersburg, Russia, 2017.

403. Montgomery, J. B. Effects of selenium source on measures of selenium status and immune function in horses / J. B. Montgomery, J. J. Wichtel, M. G. Wichtel, M. A. McNiven, J. T. McClure, F. Markham, D. W. Horohov // *Can J Vet Res.* – 2012 Oct. – Vol. 76 (4). – P. 281-291.

404. Muller, A. S. Parameters of dietary selenium and vitamin E deficiency in growing rabbits / A. S. Muller, J. Pallauf, E. Most // *J. Trace Elem. Med. Biol.* – 2002. – Vol. 16, N 1. – P. 47-55.

405. Nardin, D. S. Increasing Economic Efficiency of Producing Wheat in the West Siberia and South Ural as a Factor of Developing Import Substitution / D. S. Nardin, I. A. Bobrenko, N. V. Goman, E. A. Vakalova, S. A. Nardina et al. // *International Review of Management and Marketing.* – 2016. – Vol. 6 (4). – P. 772-778.

406. National Institutes of Health, Magnesium, National Institutes of Health. – Bethesda, Maryland, USA, 2018. <https://ods.od.nih.gov/factsheets/Mg2+-HealthProfessional>.

407. Negi, R. Association of oxidative DNA damage, protein oxidation and antioxidant function with oxidative stress induced cellular injury in pre-eclamptic/eclamptic mothers during fetal circulation / R. Negi, D. Pande, K. Karki, A. Kumar, R. S. Khanna, H. D. Khanna // *Chem Biol Interact.* – 2014 Feb 5. – Vol. 208. – P. 77-83.

408. Gorbunov, A. V. Nuclear and Related Analytical Techniques in Ecology: Impact of Geoecological Factors on the Balance of Trace Elements in the Human Organism / A. V. Gorbunov, S. M. Lyapunov, O. I. Okina, M. V. Frontasyeva, S. S. Pavlov // *Physics of Particles and Nuclei.* – 2012. – Vol. 43, N. 6. – P. 783-824.

409. Oberleas, D. Chromium / D. Oberleas, B. F. Harland, D. J. Bobilya // *Minerals: Nutrition and metabolism.* N.Y.: Vantage Press, 1999. – P. 149-155.

410. Ohta, Y. Effect of Dietary Vitamin E Supplementation on Liver Oxidative Damage in Rats with Water-Immersion Restraint Stress / Y. Ohta, K. Yashiro, K.

Ohashi, Y. Horikoshi, C. Kusumoto, T. Matura, K. Fukuzawa // *J Nutr Sci Vitaminol (Tokyo)*. – 2015. – Vol. 61 (2). – P. 113-122.

411. Pang, W. Depletion of intracellular zinc induces apoptosis of cultured hippocampal neurons through suppression of ERK signaling pathway and activation of caspase-3 / W. Pang, X. Leng, H. Lu et al. // *Neurosci. Lett.* – 2013. – Vol. 552. – P. 140-145.

412. Patrick, L. Lead toxicity. Part II: The role of free radical damage and the use of antioxidants in the pathology and treatment of lead toxicity / L. Patrick // *Altern. Med. Rev.* – 2006. – Vol. 11. № 2. – P. 114-127.

413. Paustenbach, D. J. A review of the health hazards posed by cobalt / D. J. Paustenbach, B. E. Tvermoe, K. M. Unice, B. L. Finley, B. D. Kerger // *Crit. Rev. Toxicol.* – 2013. – Vol. 43, № 4. – P. 316-362.

414. Pollard, K. M. Mercury-induced inflammation and autoimmunity / K. M. Pollard, D. M. Cauvi, C. B. Toomey, P. Hultman, D. H. Kono // *Biochim Biophys Acta Gen Subj.* – 2019. – Vol. 1863 (12). Art. 129299.

415. Price, C. T. Silicon: a review of its potential role in the prevention and treatment of postmenopausal osteoporosis / C. T. Price, K. J. Koval, J. R. Langford // *International Journal of Endocrinology*. 2013; 2013: 316783.

416. Priori, S. G. *Europace*. / S. G. Priori, C. Blomstrom-Lundqvist, A. Mazzanti, et al. – 2015. – Vol. 17, № 11. – P.1601-1687.

417. Qin, S. Effects of selenium-chitosan on blood selenium concentration, antioxidation status, and cellular and humoral immunity in mice / S. Qin, B. Huang, J. Ma, X. Wang, J. Zhang, L. Li, F. Chen // *Biol Trace Elem Res.* – 2015 Jun. – Vol. 165 (2). – P. 145-152.

418. Rasic-Milutinovic, Z. Potential Influence of Selenium, Copper, Zinc and Cadmium on L-Thyroxine Substitution in Patients with Hashimoto Thyroiditis and Hypothyroidism / Z. Rasic-Milutinovic, D. Jovanovic, G. Bogdanovic, J. Trifunovic, J. Mutic // *Exp Clin Endocrinol Diabetes*. – 2017; Feb. – Vol. 125 (2). – P. 79-85.

419. Revich, B. A. Extreme temperature episodes and mortality in Yakutsk, East Siberia / B. A. Revich, D. A. Shaposhnikov // *Rural and Remote Health*. – 2010. – Vol. 10. – P. 1-8.
420. Rinsky, J. L. Occupational and Take-home Lead Exposure Among Lead Oxide Manufacturing Employees, North Carolina, 2016 / J. L. Rinsky, S. Higgins, K. Angelon-Gaetz, D. Hogan [et. al] // *Public Health Rep.* – 2018. – Vol. 133, № 6. – P. 700-706.
421. Rodríguez-Barranco, M. Cadmium exposure and neuropsychological development in school children in southwestern Spain / M. Rodríguez-Barranco, M. Lacasaña, F. Gil, A. Lorca, J. Alguacil, D. S. Rohlman, B. González-Alzaga, I. Molina-Villalba, R. Mendoza, C. Aguilar-Garduño // *Environ Res.* – 2014; Oct. – Vol. 134. – 66-73.
422. Rosanoff, A. Rising Ca: Mg intake ratio from food in USA Adults: a concern? / A. Rosanoff // *Magnes Res.* – 2010. – Vol. 23 (4). – P. 181-193.
423. Sacan, O. Zinc supplementation ameliorates glycoprotein components and oxidative stress changes in the lung of streptozotocin diabetic rats / O. Sacan, I. B. Turkyilmaz, B. B. Bayrak, O. Mutlu, N. Akev, R. Yanardag // *Biometals.* – 2016 Apr. – Vol. 29 (2). – P. 239-248.
424. Sanjeevi, N. Trace element status in type 2 diabetes: A meta-analysis / N. Sanjeevi, J. Freeland-Graves, S. N. Beretvas, P. K. Sachdev // *J Clin Diagn Res.* – 2018 May. – V. 12 (5). – P.: OE01-OE08.
425. Schaafsma, A. Delay of natural bone loss by higher intakes of specific minerals and vitamins / A. Schaafsma, P. J. de Vries, W. H. Saris // *Crit Rev Food Sci Nutr.* – 2001. – Vol. 41 (4). – P. 225-249.
426. Schaub, M. C. Calcium in health and disease / M. C. Schaub, C. W. Heizmann. In: R. H. Kretsinger, V. N. Uversky, E.A. Permyakov (eds) // *Encyclopedia of metalloproteins*. Springer, New York, – 2013. – P. 478-484.
427. Schimatchek, H. Prevalence of hypomagnesemia in an unselected German population of 16,000 individuals / H. Schimatchek, R. Rempis // *Magnes. Res.* – 2001. – Vol. 14. – P. 283-290.

428. Schwarz, K. Chromium (III) and the glucose tolerance factor / K. Schwarz, W. Mertz. // *Arch Biochem Biophys.* – 1959. – Vol. 85. – P. 292-295.
429. Siddiqui, K. Variation in macro and trace elements in progression of type 2 diabetes / K. Siddiqui, N. Bawazeer, S. S. Joy // *Scientific-World Journal.* 2014; 2014: 461591. doi: 10.1155/2014/461591. Epub 2014 Aug 5. PMID: 25162051; PMCID: PMC4138889.
430. Simić, A. Trace element status in patients with type 2 diabetes in Norway: The HUNT3 Survey / A. Simić, A. F. Hansen, B. O. Åsvold, P. R. Romundstad, K. Midthjell, T. Syversen, T. P. Flaten // *J. Trace Elem. Med. Biol.* – 2017 May. – Vol. 41. – P. 91-98.
431. Singhal, V. K. Study of skin and mucous membrane disorders among workers engaged in the sodium dichromate manufacturing industry and chrome plating industry / V. K. Singhal, B. S. Deswal, B. N. Singh // *Indian J Occup Environ Med.* – 2015 Sep-Dec. – Vol. 19 (3). – P. 129-133.
432. Skalny, A. A. Effect of short-term zinc supplementation on zinc and selenium tissue distribution and serum antioxidant enzymes / A. A. Skalny, A. A. Tinkov, Y. S. Medvedeva, I. B. Alchinova, M. Y. Karganov, A. V. Skalny, A. A. Nikonorov // *Acta Sci Pol Technol Aliment.* – 2015 Jul-Sep. – Vol. 14 (3). – P. 269-276.
433. Skalny, A. V. Hair concentration of essential trace elements in adult non-exposed Russian population / A. V. Skalny, M. G. Skalnaya, A. A. Tinkov, E. P. Serebryansky, V. A. Demidov, Y. N. Lobanova, A. R. Grabeklis, E. S. Berezkina, I. V. Gryazeva, A. A. Skalny, O. A. Skalnaya, N. G. Zhivaev, A. A. Nikonorov // *Environ Monit Assess.* – 2015 Nov. – Vol. 187 (11). – P. 677.
434. Skalny, A. V. Reference values of hair toxic trace elements content in occupationally non-exposed Russian population / A. V. Skalny, M. G. Skalnaya, A. A. Tinkov, E. P. Serebryansky, V. A. Demidov, Y. N. Lobanova, A. R. Grabeklis, E. S. Berezkina, I. V. Gryazeva, A. A. Skalny, A. A. Nikonorov // *Environ Toxicol Pharmacol.* – 2015 Jul. – Vol. 40 (1). – P. 18-21.

435. Skalny, A. V. Zinc / A. V. Skalny, M. Aschner, A. A. Tinkov // *Adv Food Nutr Res.* – 2021. – Vol. 96. – P.251-310.
436. Smith, T. G. Mercury in seals, terrestrial carnivores, and principal food items of the Inuit from Holman M.W.T. / T. G. Smith, F. A. Armstrong // *J Fish Res Board Canada.* – 1975. – Vol. 32. – P. 795-801.
437. Sosa, M. Metabolism of the calcium and bioavailability of the salts of most frequent use / M. Sosa, C. Bregni // *Boll. Chim. Farm.* – 2003. – Vol. 142, № 1. – P. 28-33.
438. Stepanova, E. M. Macro- and microelements in some species of marine life from the Sea of Okhotsk / E. M. Stepanova, E. A. Lugovaya // *Foods and Raw Materials.* – 2021. – T. 9. № 2. – C. 302-309.
439. Takeda, A. Significance of Zn (2+) signaling in cognition: Insight from synaptic Zn (2+) dyshomeostasis / A. Takeda // *J. Trace Elem. Med. Biol.* – 2014. – Vol. 28. – P. 393-396.
440. Tamano, H. Significance of synaptic Zn 2+ signaling in zincergic and non zincergic synapses in the hippocampus in cognition / H. Tamano, Y. Koike, H. Nakada et al. // *J. Trace Elm. Med. Biol.* – 2016. – Vol. 38. – P. 93-98.
441. Tchernyak, A. Y. Metabolic disorders correction in patients with metabolic syndrome and hypertension living in condition of the North / A. Y. Tchernyak, I. M. Petrov, I. F. Sholomov // *Journal of Hypertention.* – 2012. – Vol. 30 (e-Supp. A). – P. 311-312.
442. The Lancet. Iodine deficiency - way to go yet. *Lancet.* 2008 Jul 12; 372(9633): 88. doi: 10.1016/S0140-6736(08)61009-0. PMID: 18620930.
443. Tinajero, M. G. An Update on the Epidemiology of Type 2 Diabetes: A Global Perspective / M. G. Tinajero, V. S. Malik // *Endocrinol Metab Clin North Am.* – 2021 Sep. – Vol. 50 (3). – P.337-355.
444. Tinkov, A. A. Adipose tissue chromium and vanadium disbalance in high-fat fed Wistar rats / A. A. Tinkov, E. V. Popova, V. S. Polyakova, O. V. Kwan, A. V. Skalny, A. A. Nikonorov // *J Trace Elem Med Biol.* – 2015 Jan. – Vol. 29. – P. 176-181.

445. Tinkov, A. A. Adipotropic effects of heavy metals and their potential role in obesity / A. A. Tinkov, M. Aschner, T. Ke [et al.] // Faculty Reviews. – 2021. – T. 10. – №. 32.
446. Tinkov, A. A. Alteration of local adipose tissue trace element homeostasis as a possible mechanism of obesity-related insulin resistance / A. A. Tinkov, A. I. Sinitskii, E. V. Popova, O. N. Nemereshina, E. R. Gatiatulina, M. G. Skalnaya, A. V. Skalny, A. A. Nikonorov // Med Hypotheses. – 2015 Sep. – Vol. 85 (3). – P. 343-347.
447. Tokunaga, T. K. Distribution of Chromium Contamination and microbial activity in soil aggregates / T. K. Tokunaga, J. Wan, T. C. Hazen [et al.] // J. Environ. Qual. – 2003. – Vol. 32. – P. 541-549.
448. Tone, C. Supplement Spotlight: Magnesium Intake / C. Tone // Today's Dietitian. – 2016. – Vol. 18, №. 12. – P. 18.
449. Toxicological Profile for Manganese. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). U. S. Public Health Service, U. S. Department of Health and Human Services. Atlanta, GA. – 2008. – 539 p.
450. Vajdi, M. Effects of chromium supplementation on body composition in patients with type 2 diabetes: A dose-response systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials / M. Vajdi, M. Khajeh, E. Safaei, S. Moeinolsadat, S. Mousavi, H. Seyedhosseini-Ghaheh, M. Abbasalizad-Farhangi, G. Askari // Journal of Trace Elements in Medicine and Biology. – 2024. – Vol. 81, 127338.
451. Waldman, T. Calcium supplements and cardiovascular disease: A review / T. Waldman, R. Sarbaziha, C. N. Merz, C. Shufelt // Am J Lifestyle Med. – 2015. – Vol. 9 (4). – P. 298-307.
452. Wallace, E. The epidemiology of malpractice claims in primary care: a systematic review / E. Wallace, J. Lowry, S. M. Smith, T. Fahey // BMJ Open. – 2013. – Vol. 3. – № 7. – P. 1-8.
453. Wang, Y. X. Associations of urinary metal levels with serum hormones, spermatozoa apoptosis and sperm DNA damage in a Chinese population / Y. X. Wang, Y. Sun, Z. Huang, P. Wang, W. Feng, J. Li, P. Yang, M. Wang, L. Sun, Y. J. Chen, C.

Liu, J. Yue, L. J. Gu, Q. Zeng, W. Q. Lu // *Environ Int.* – 2016; Sep. – Vol. 94. – P. 177-188.

454. Wessells, K. R. Estimating the global prevalence of zinc deficiency: Results based on zinc availability in national food supplies and the prevalence of stunting / K. R. Wessells, K. H. Brown // *PLoS ONE.* – 2012. – Vol. 7. – e50568.

455. Williams, R. J. Zinc in evolution / R. J. Williams // *J. Inorg. Biochem.* – 2012. – Vol. 111. – P. 104-109.

456. Winiarska-Mieczan, A. The potential protective effect of green, black, red and white tea infusions against adverse effect of cadmium and lead during chronic exposure - A rat model study / A. Winiarska-Mieczan // *Regul Toxicol Pharmacol.* – 2015 Nov. – Vol. 73 (2). – P. 521-529.

457. Yang, Z. Selenium Deficiency Mainly Influences Antioxidant Selenoproteins Expression in Broiler Immune Organs / Z. Yang, C. Liu, C. Liu, X. Teng, S. Li // *Biol Trace Elem Res.* – 2016 Jul. – Vol. 172 (1). – P. 209-221.

458. Yorita, C. K. L. Metals in blood and urine, and thyroid function among adults in the United States 2007-2008 / C. K. L. Yorita // *Int. J. Hyg. Environ. Health.* – 2013. – Vol. 216, № 6. – P. 624-632.

459. Young, T. K. The Health of Arctic Populations: Does Cold Matter? Am / T. K. Young, T. M. Makinen // *J. Hum. Biol.* – 2010. – Vol. 22. – P. 129-133.

460. Zdrojewicz, Z. Nikiel – rola w organizmie człowieka i działanie toksyczne [Nickel – role in human organism and toxic effects] / Z. Zdrojewicz, E. Popowicz, J. Winiarski // *Pol. Merkur. Lekarski.* – 2016. – Vol. 41 (242). – P. 115-118.

461. Zendehdel, R. Chemometrics models for assessment of oxidative stress risk in chrome-electroplating workers / R. Zendehdel, S. V. Shetab-Boushehri, M. R. Azari, V. Hosseini, H. Mohammadi // *Drug Chem Toxicol.* – 2015 Apr. – Vol. 38 (2). – P. 174-179.

462. Zhang, J. Selenium and selenoproteins in viral infection with potential relevance to COVID-19 / J. Zhang, R. Saad, E. W. Taylor, M. P. Rayman // *Redox Biol.* – 2020. – 37. – P. 101715.

463. Zhang, L. Cadmium Levels in Tissue and Plasma as a Risk Factor for Prostate Carcinoma: a Meta-Analysis / L. Zhang, Y. Zhu, R. Hao, M. Shao, Y. Luo // Biol Trace Elem Res. – 2016 Jul. – Vol. 172 (1). – P. 86-92.

464. Zhang, R. Effects of Selenium and Cadmium on Ion Profiles in the Brains of Chickens/ R. Zhang, L. Wang, J. Zhao, C. Wang, J. Bao, J. Li // Biol Trace Elem Res. – 2016 Nov. – Vol. 174 (1). – P. 218-225.

465. Zhang, Y. Synergistic effect of Se-methylselenocysteine and vitamin E in ameliorating the acute ethanol-induced oxidative damage in rat / Y. Zhang, H. Li, Z. Deng, X. Zhang // J Trace Elem Med Biol. – 2015 Jan. – Vol. 29. – P. 182-187.