

На правах рукописи

МУХУТДИНОВА
Гузель Мансуровна

**ГИГИЕНИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОФИЛАКТИКИ
СЕЛЕНО- И ЙОДОДЕФИЦИТНЫХ СОСТОЯНИЙ У НАСЕЛЕНИЯ**

3.2.1. Гигиена

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата медицинских наук

Казань – 2024

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Казанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации

Научный руководитель:

доктор медицинских наук, профессор

Имамов Алмас Азгарович

Официальные оппоненты:

Истомин Александр Викторович – доктор медицинских наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации, главный научный сотрудник отдела гигиены питания Федерального бюджетного учреждения науки «Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека.

Сазонова Ольга Викторовна - доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой гигиены питания с курсом гигиены детей и подростков федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Самарский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

Ведущая организация:

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

Защита диссертации состоится «___» _____ 2024 г. в ___ часов на заседании объединенного диссертационного совета 99.2.061.02 при федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Казанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации и федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Приволжский исследовательский медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации (420012, г. Казань, ул. Бутлерова, д. 49).

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке ФГБОУ ВО Казанский ГМУ Минздрава России (420012, г. Казань, ул. Бутлерова, д. 49б) и на сайте организации (<https://kazangmu.ru>).

Автореферат разослан «_____» _____ 2024 г.

Ученый секретарь диссертационного совета

доктор медицинских наук, доцент

Тaufеева Елена Анатольевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Несбалансированное питание, являющееся модифицированным фактором риска развития избыточного веса, системного воспаления, микроэлементозов, является и одной из причин возникновения неинфекционных алиментарно-зависимых заболеваний (НИЗ) (Елфимова А.Э., 2023; Сазонова О.В., 2021; Тутельян В.А., 2021, 2023; Kim H., 2021; Koene R.J., 2016). Актуальность работы обусловлена ростом заболеваемости щитовидной железой (ЩЖ) у жителей Российской Федерации (РФ) за последние 10 лет в 2 раза (Дедов И. И., 2022; Елфимова А.Э., 2023; Трошина Е. А., 2022). По данным Росстата за 2020 г. наибольший удельный вес в структуре всей эндокринной патологии приходится на болезни ЩЖ (27,6%). Многочисленными исследованиями отмечен низкий уровень обеспеченности населения РФ, в том числе Республики Татарстан (РТ), селеном (Se) и йодом (Агаджанян Н. А., 2016; Мазилина А.Н., 2023; Скальный А. В., 2019; Хотимченко С. А. и др., 2020;).

Одним из способов профилактики йододефицитных заболеваний (ЙДЗ) в РФ является использование йодированной соли в рационе питания населения (Алферова В.И., 2019; Суплотова Л.А., 2023). Однако модель «добровольного» использования йодирования соли не дала ожидаемых результатов в плане удовлетворения оптимальной потребности населения в йоде и снижения заболеваемости (Дедов И.И. и др., 2022; Трошина Е.А., 2022).

Одним из возможных подходов к профилактике ЙДЗ является мониторинг содержания Se в рационе питания. При недостатке Se усвояемость йода снижается, соответственно, дефицит данного микроэлемента приводит к нарушению йодного обмена и функции ЩЖ, замедлению обмена веществ, а это может способствовать развитию ожирения и различных НИЗ. (Гуссейнов Т. М., 2015; Узбеков М.Г., 2015; Трошина Е. А., 2018; Тутельян В. А., 2020; Кучма В. Р., 2020; Скальный А. В., 2020; Sies H., 2015; Minich W.B., 2022). Ряд исследований показал, что Se препятствует накоплению жировой массы и проявляет противовоспалительную активность (Guanwen L. et al., 2023;

Fontenelle L.C. et al., 2023; Schneider-Matyka D. et al., 2023; Tinkov A. A. et al., 2020; Watanabe L.M. et al., 2021).

Степень разработанности темы исследования. Известные к настоящему времени меры профилактики селено- и йододефицитных состояний у населения предусматривают использование селеносодержащих удобрений при выращивании сельскохозяйственных культур (Virtanen S. M. et al., 1996; Hossain A. et al., 2021), селеносодержащих премиксов в кормах сельскохозяйственных животных и птицы (Surai P. F., 2006; Kulikov A. U., 2007; Голубкина Н. А. и др., 2017), йодированной соли (Алферова В.И., 2019; Суплотова Л.А., 2023). Включение в ежедневный рацион пищевых продуктов, обогащенных и Se, и йодом, может оказывать влияние на функциональное состояние нервной, эндокринной и сердечно-сосудистой систем, на жировой обмен (Величко Д. С., 2017; Марушко Ю.В., 2012; Тутельян В. А. и др., 2010, 2022; Хотимченко С. А. и др., 2020; Cardoso V. R., 2022; Cheng W-H., 2021; Fontenelle L.C. et al., 2023; Kiełczykowska M. et al., 2016).

Вместе с тем до настоящего времени не проводились комплексные исследования по изучению взаимосвязи индекса массы тела (ИМТ), жировой массы (ЖМ), основного обмена (ОО), уровня тревожности, концентрации внимания и памяти с обеспеченностью населения Se и йодом.

Цель исследования – на основе изучения уровней алиментарного поступления селена и йода обосновать профилактические мероприятия по повышению обеспеченности населения данными микроэлементами.

Задачи исследования:

1. Определить региональные особенности уровней алиментарного поступления селена и йода среди детского и взрослого населения РТ и провести мониторинг доступности для населения пищевых продуктов, обогащенных данными микроэлементами.

2. Провести сравнительную оценку содержания селена в продовольственном сырье, готовых блюдах и рационах питания детей и

взрослых РТ, выявить группы пищевых продуктов – предикторов, повышающих обеспеченность населения селеном и йодом.

3. Выявить распространенность йододефицитных состояний среди детей и взрослых в зависимости от обеспеченности селеном и йодом и оценить антропометрические показатели и функциональное состояние нервной системы.

4. Разработать тактику профилактических мероприятий по снижению селено- и йододефицитных состояний у населения и оценить их эффективность.

Научная новизна. Установлены региональные особенности алиментарного поступления Se с рационом питания. Получены данные о снижении содержания Se в блюдах после термической обработки: в говядине - в 8 раз, в минтае - в 20 раз, в яйце - в 11 раз, в крупе пшённой - в 4 раза, в овощах - в 1,6 раза.

Выявлены статистически значимые различия распространенности йододефицитных состояний (ЙДС) в зависимости от обеспеченности населения Se в осенне-зимний период.

Установлены пищевые продукты – предикторы, повышающие обеспеченность населения РТ Se и йодом.

Установлена дозозависимая связь между уровнем Se в волосах и ИМТ, ЖМ, ОО, уровнем концентрации внимания и памяти.

Разработана прогностическая модель для оценки ожидаемой обеспеченности детского и взрослого населения Se и йодом. Оптимизированы рационы, включающие пищевые продукты – предикторы, повышающие уровень Se и йода в организме.

Теоретическая и практическая значимость работы. На основе проведенных исследований и сравнения полученных результатов в группах с дефицитом Se в волосах и с уровнем Se в волосах в пределах нормы разработана математическая модель, включающая пищевые продукты – предикторы, повышающие обеспеченность детского и взрослого населения Se и йодом. Обнаружена дозозависимая связь между уровнем Se в волосах и ИМТ, ЖМ и ОО, уровнем концентрации внимания и памяти, в связи с чем людей с избыточной массой тела и ожирением рекомендуется дополнительно обследовать на

обеспеченность Se и йодом (возможно неинвазивным способом) для своевременной коррекции рационов питания у детей и взрослых по данным микроэлементам на основе разработанной прогностической модели.

В данной работе обоснована необходимость динамического изучения показателей компонентного состава тела, ОО для оценки эффективности применения оптимизированного рациона по Se и йоду населением с избыточной массой тела и ожирением, как способ профилактики селено- и йододефицитных состояний.

Материалы диссертации используются в лекционных курсах «Общая гигиена», «Гигиена питания», «Нутрициология» ФГБОУ ВО Казанский ГМУ Минздрава России, а также при подготовке ГАУЗ «Республиканский центр общественного здоровья и медицинской профилактики» МЗ РТ методических рекомендаций для медицинских работников по оптимизации питания различных групп населения в целях профилактики НИЗ. Учебные пособия внедрены ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Республике Татарстан (Татарстан)» в программу гигиенического обучения медицинских работников.

Разработан пищевой продукт «Зерновой продукт для коррекции обмена веществ при воздействии неблагоприятных факторов окружающей среды», содержащий в составе продукты, являющиеся источником Se и йода (патент RU 2823619C1 опубл. 25.07.2024), способ оценки ожидаемой обеспеченности Se и йодом взрослого населения (заявка № 2024123031 на свидетельство Роспатента).

Результаты исследования использованы при подготовке баз данных (БД): «Динамические показатели биоимпедансного анализа, концентрации внимания и памяти у взрослого населения 1-й группы ФА» (свидетельство регистрации БД № 2024624030 от 10.09.2024), «Оптимизированный рацион по селену и йоду для взрослого населения» (свидетельство регистрации БД № 2024624115 от 16.09.2024).

Методология и методы исследования. Методология диссертационной работы организована в соответствии с поставленными целью и задачами. В работе использован проспективный лонгитудинальный когортный метод с

применением гигиенических, аналитических, расчетных и статистических методов исследования.

Положения, выносимые на защиту:

1. Распространенность йододефицитных состояний статистически значимо выше в группах с низкой обеспеченностью Se в осенне-зимний период как у школьников, так и у взрослых, имеющих повышенный ИМТ.

2. Наибольшее снижение содержания Se в пищевых продуктах после термической обработки отмечается в мясе, рыбе, яйцах и пшеничной крупе.

3. Установлена дозозависимая связь между уровнем Se и ИМТ, ЖМ, ОО, уровнем концентрации внимания и памяти.

4. Основой тактики профилактических мероприятий является разработанная прогностическая модель для оценки ожидаемой обеспеченности Se и йодом с целью оптимизации рациона; определены пищевые продукты – предикторы, повышающие уровень концентрации данных микроэлементов в организме; оптимизированный рацион улучшает параметры компонентного состава тела, основного обмена, концентрацию внимания и памяти.

Степень достоверности и апробация результатов. Результаты проведенных исследований, достоверность и обоснованность выводов базируются на большом количестве экспериментальных и теоретических данных, полученных путем применения современных физико-химических методов с использованием стандартных и аттестованных методик. В исследование были включены дети и взрослые, проживающие более 2 лет в городе Лениногорск РТ. Применены современные методы статистической обработки данных.

Результаты диссертационной работы представлены на XI, XII, XIII, XIV, XV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Здоровье человека в XXI веке» (Казань, 2019, 2020, 2021, 2022, 2023); XXXI Всероссийской научно-практической конференции «Окружающая среда и здоровье населения» (Казань, 2020); VIII, IX Межрегиональной научно-практической конференции «Актуальные вопросы профилактической медицины

и обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения» (Казань, 2021, 2022); Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Профилактическая медицина – 2022, 2023» (Санкт-Петербург, 2022, 2023); XXIV Конгрессе педиатров России с международным участием «Актуальные проблемы педиатрии» (III Всероссийская конференция с международным участием «Приоритеты и задачи развития социальной педиатрии») (Москва, 2023); VII и VIII Национальном конгрессе с международным участием «Здоровые дети – будущее страны» (Санкт-Петербург, 2023, 2024); II Международной научно-практической конференции «Modern science: fundamental and applied aspects» (Пекин, 2023).

Личный вклад автора. Сформулированы цель и задачи, составлен план исследования. Диссертант проанализировал медицинскую документацию по оценке состояния здоровья обследуемых, осуществил отбор проб суточного рациона, биологических субстратов (волос), проводил биоимпедансометрию у различных групп населения, выполнил статистическую обработку и интерпретацию имеющихся данных, разработал технологические карты и рационы питания. Вклад автора в подготовку публикаций о результатах исследований составляет 90%.

Объем и структура диссертации. По материалам диссертации опубликовано 13 печатных работ, из которых 3 – в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК при Министерстве науки и высшего образования РФ для публикаций основных положений диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, из них 1 – в научном издании, индексируемом международной базой данных Scopus; 1 монография, 1 патент, 2 свидетельства о государственной регистрации баз данных.

Диссертационная работа изложена на 180 страницах печатного текста, содержит 46 таблиц, 38 рисунков; состоит из введения, обзора литературы, материалов и методов исследования, материалов собственных исследований, заключения, выводов, практических рекомендаций и 5-ти приложений. Список цитируемой литературы включает 214 источников, из них 95 – зарубежных.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе представлен аналитический обзор отечественных и зарубежных публикаций по теме исследования.

Во второй главе описаны материалы и методы исследования, включавшего 5 этапов (Таблица 1).

Таблица 1 - Этапы, объем, материалы и методы исследования

№	Этапы	Методы	Материал и объем исследования
I	1.1. Изучение в динамике первичной заболеваемости, распространенности заболеваний эндокринной системы и заболеваний, связанных с нарушением питания, у населения РТ за 2013 - 2022 гг.	Статистический.	Выкопированы сведения из отчетных форм за 2013 - 2022 гг., проанализировано 520 ед.ц.и. по 4 отдельным болезням в 1 группе классов.
	1.2. Исследование содержания йода и Se в организме подростков и взрослого населения.	Метод масс-спектрометрии с источником ионов в виде индуктивно связанной плазмы (ИСП-МС) по МУК 4.1.1483-03. Вычисление абсолютных и относительных величин, расчет средних величин, их ошибок, достоверность различий.	Отбор волос у детей (243 пробы) и взрослых (420 проб), проанализировано 1326 ед.ц.и.
II	2.1. Исследование содержания Se в сырье, пищевых продуктах.	Метод атомно-абсорбционной спектрометрии (ГОСТ 31707-2012).	Протоколы исследований пищевых продуктов, сырья (106 проб), готовых блюд (101 проба), проанализировано 207 ед.ц.и.
	2.2. Исследование содержания белков, жиров, углеводов, энергетической ценности и Se в сезонном 7-дневном суточном рационе.	Метод атомно-абсорбционной спектрометрии, метод Кьельдаля, экстракционный метод (МУ 4237-86).	Протоколы исследований суточных рационов питания детей и взрослых (9 282 шт.): - проанализировано 23205 ед.ц.и.

Продолжение Таблицы 1

№	Этапы	Методы	Материал и объем исследования
	2.3. Изучение фактического поступления йода и витаминов А, Е, В2, С с сезонным 7-дневным суточным рационом.	Расчетный метод (Скурихин И. М., 2008; Тутельян В. А., 2012). Аналитический метод, достоверность различий по t-тест Стьюденту.	Составлены протоколы исследований суточных рационов питания детей и взрослых (4641 шт); проанализировано 23205 ед. ц. и.
	2.4. Изучение содержания Se и йода в питьевой воде Лениногорского района РТ.	Вычисление абсолютных и относительных величин, расчет средних величин, их ошибок.	Протоколы исследования воды (50 шт.), проанализировано 510 ед.ц.и.
	2.5. Оценка наличия продукции, обогащенной йодом и Se.	Социологический метод (МР 2.3.7.0168-20).	Осуществлен мониторинг реализуемой пищевой продукции на объектах продовольственной торговли (76 об.), проанализировано 18240 ед.ц.и.
III	3.1. Оценка антропометрических показателей.	Метод антропометрии.	Анализ ИМТ и обхвата талии у детей (729 измерений), ИМТ и обхват талии/бедер у взрослых (1 680 измерений), проанализировано 2652 ед.ц.и.
	3.2. Оценка состава тела.	Метод биоимпедансометрии с помощью анализатора ABC-01 «Медасс».	Протоколы по данным биоимпедансометрии детей (405 шт.) и взрослых (700 шт.), проанализировано 5525 ед.ц.и.
	3.3. Оценка умственной работоспособности учащихся.	Корректирующая проба по таблицам В.Я. Анфимова (1911).	Анализ корректируемых проб умственной работоспособности детей (3888 шт.)
	3.4. Оценка уровня концентрации внимания и памяти.	Методика Гюго Мюнстенберга (1915), методика В.П. Соломина «расстановка чисел» (2008).	Тестирование детей (243 шт.) и взрослых (420 шт.), проанализировано 17304 ед.ц.и.
	3.5 Оценка уровня тревожности.	Методика по шкале А. М. Прихожан (1983), метод Ч.Д. Спилбергера (1972).	Проведено тестирование детей (243 шт) и взрослых (420 шт); проанализировано 17304 ед. ц. и.

Продолжение Таблицы 1

№	Этапы	Методы	Материал и объем исследования
IV	4.1. Определение группы пищевых продуктов в РТ – предикторов, повышающих обеспеченность Se и йодом.	Аналитический метод, линейный регрессионный анализ.	Полученные данные пп. 1.2, 2.2, 2.3.
V	5.1. Разработка тактики профилактических мероприятий по снижению селено- и йододефицитных состояний с оценкой их эффективности.	Линейный регрессионный анализ с \log_2 -трансформацией, критерий Фишера, Манна-Уитни, метод антропометрии, метод биоимпедансометрии с помощью анализатора АВС-01 «Медасс», методика В. П. Соломина «расстановка чисел» (2008).	Разработаны: - технологические карты (205 шт.); - оптимизированные рационы для учащихся 1–4 и 5–11 классов (2 шт.), 7-дневный рацион для взрослых; - прогностические модели для оценки ожидаемой обеспеченности населения Se и йодом (4 шт.); - определены ИМТ и ОТ/ОБ у взрослых (480 измерений); - составлены протоколы по данным биоимпедансометрии взрослых (120 шт.); - проведено тестирование взрослых (120 шт.).

Отобрано 40 детей с уровнем Se ниже физиологически оптимального уровня (ФОУ) в 1-ю группу (52,5% – девочки), 41 ребенок - Se в пределах ФОУ во 2-ю группу (47,7% – девочки); среди взрослых - 80 человек с уровнем Se ниже ФОУ в 1-ю группу (52,3% – женщины), 60 человек - Se в пределах ФОУ во 2-ю группу (55% – женщины).

Статистическая обработка полученных данных проводилась с помощью программы IBM SPSS v19, анализ и визуализация - с использованием среды для статистических вычислений R 4.2.2 (R Foundation for Statistical Computing).

В третьей главе представлен анализ заболеваемости населения РТ болезнями эндокринной системы и заболеваниями, связанными с нарушением питания (ЗЭС) в целом, а также ЙДЗ и ожирением в структуре ЗЭС, среди

взрослого и детского населения за период 2013–2022 годы. Показатель впервые установленных ЙДЗ по РТ увеличился среди детей 0–14 лет на 95%, показатель первичной заболеваемости ожирением среди детей 0–14 лет увеличился на 113,7%, среди взрослого населения с 18 лет – на 48% (Таблица 2).

Таблица 2 - Первичная заболеваемость по некоторым нозологиям по РТ

Возраст	Год	Показатель, (ЗЭС, ⁰ / ₁₀₀ , ЙДЗ, ⁰ / ₁₀₀₀₀ Ожирение, ⁰ / ₁₀₀₀₀)	Абсолютный прирост, ⁰ / ₁₀₀₀₀	Темп прироста, %	Темп роста, %	Абсолютное значение 1% прироста	Показатель наглядности, %
ЗЭС							
0-14 лет	2013	11,5	-	-27,67	72,33	0,159	100,0
	2022	19,1	3,5	22,44	122,44	0,156	166,09
	2025	21,62					188
с 18 лет	2013	7,5	1,2	19,05	119,05	0,063	100
	2022	8,9	0,9	11,25	111,25	0,08	118,67
	2025	9,38					125
ЙДЗ							
0-14 лет	2013	52,8	-15,6	-22,81	77,19	0,684	100,0
	2022	103,2	8,08	8,49	108,49	0,951	195,45
	2025	120					227,27
с 18 лет	2013	80,5	6,8	9,23	109,23	0,737	100,0
	2022	68,5	22	47,31	147,31	0,465	85,09
	2025	64,51					80,13
Ожирение							
0-14 лет	2013	162,3	-64,1	-28,31	71,69	2,264	100,0
	2022	346,9	-14,9	-4,12	95,88	3,618	213,74
	2025	408,43					251,6
с 18 лет	2013	79,3	26,3	49,62	149,62	0,53	100,0
	2022	117,4	37,7	47,3	147,3	0,797	148,05
	2025	130,09					164,04

В четвертой главе представлены результаты исследования по оценке содержания Se и йода в рационе питания детей и взрослых, изучению обеспеченности населения данными микроэлементами. Сравнительный анализ содержания Se в продовольственном сырье и в блюдах после термообработки по результатам лабораторных исследований показал снижение его в говядине в 8 раз, в минтае в 20 раз, в яйце в 11 раз, в крупе пшённой в 4 раза, в овощах в 1,6 раза.

Только 60% обследованных торговых точек Лениногорского района РТ реализуют продукцию, обогащенную йодом, а пищевой продукции, обогащенной Se, не выявлено.

Согласно полученным данным, в рационе питания обследованных выявлено недостаточное содержание Se: в 1-й группе у детей – 64,5% от нормы, во 2-й группе – 94,5% от нормы; среди взрослого населения: у женщин - 54,1% и у мужчин - 42,5% от нормы. Установлено недостаточное среднесуточное поступление йода у детей в 1-й группе - 76,5% от нормы, у взрослых - 65,4% от нормы (Таблица 3). При этом среднесуточная энергетическая ценность и содержание углеводов в обеих группах несущественно выше нормы, содержание белков и жиров оказалось в пределах нормы.

Таблица 3 - Среднесуточное потребление Se и йода с рационом питания школьниками и трудоспособным населением г. Лениногорск РТ

Микронутриенты	Среднесуточное содержание микронутриентов в рационе питания			p
	НФП	1-я группа	2-я группа	
школьники				
		(n=840 проб)	(n=861 проба)	
Селен, мкг	40	22,3 ± 2,5	37,8 ± 1,3	<0,05
Йод, мкг	130	99,5 ± 13,6	132,4 ± 12,4	<0,05
трудоспособное население				
		(n=1680 проб)	(n=1260 проб)	
Селен, мкг	55–70	29,8 ± 2,3	52,5 ± 1,7	<0,05
Йод, мкг	150	98,1 ± 11,5	128,1 ± 10,7	<0,05

Анализ распространенности ЙДС у обследуемого населения в зависимости от обеспеченности Se и йодом показал, что удельный вес случаев низкой обеспеченности йодом в 1-й группе в осенне-зимний период статистически значимо выше, чем во 2-й, как среди детей - 75,6% ($\varphi_{эмп} = 2,886$) и 82,9% ($\varphi_{эмп} = 3,456$) соответственно (Рисунок 1), так и среди взрослых - 58,8% ($\varphi_{эмп} = 4,561$) и 65% ($\varphi_{эмп} = 3,976$) соответственно. В весенний период отмечается ФОУ йода среди обследованного детского и взрослого населения в 100% случаев.

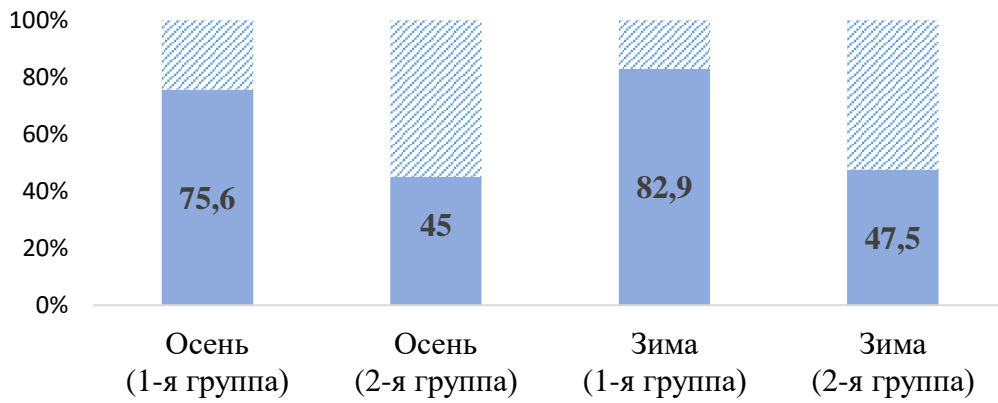


Рисунок 1 - Удельный вес случаев низкой обеспеченности йодом школьников г. Лениногорск РТ в зависимости от концентрации Se в волосах в осенне-зимний период

Инструментальный анализ компонентного состава тела школьников выявил статистически значимые различия между обследованными школьниками с ожирением и избыточной массой тела в 1-й (35 % и 31% соответственно) и 2-й (17 % и 23% соответственно) группах ($p < 0,05$). В ходе сравнительного анализа было установлено, что как дети, так и взрослые в 1-й группе в среднем имели статистически значимо больший ИМТ, тенденцию к более высокой ЖМ ($p < 0,05$ $R^2 = 0,65$) и меньший уровень ОО ($p < 0,05$ $R^2 = 0,62$) по сравнению с обследованными лицами во 2-й группе.

На Рисунке 2 представлен результат проведенного сезонного тестирования на избирательное внимание и память среди детей.



Рисунок 2 - Уровень концентрации внимания и памяти у школьников в зависимости от обеспеченности Se и йодом в разные сезонные периоды учебного года

Как видно из Рисунка 2, низкий уровень концентрации внимания и памяти в 3 раза чаще встречается в 1-й группе в осенне-зимний период, чем в весенний ($p < 0,05$).

При проведении корреляционного анализа была обнаружена статистически значимая прямая корреляция между уровнем Se в волосах и уровнем концентрации внимания и памяти как у детей ($r=0,46$; $p < 0,001$), так и у взрослых ($r=0,49$; $p < 0,001$). Не было установлено статистически значимой ассоциации среднегодовой концентрации йода в волосах обследуемых детей с уровнем концентрации внимания и памяти ($r=0,07$; $p=0,499$), а у взрослых отмечена тенденция к наличию прямой корреляционной связи между этими данными ($r=0,23$; $p=0,049$).

Среди взрослых наибольший удельный вес с низким уровнем концентрации внимания и памяти выявлен в 1-й группе в осенне-зимний период и составил 45 - 46% против 21% в весенний период.

В Таблице 4 представлены коэффициенты в многофакторной модели прогнозирования концентрации Se у детей.

Таблица 4 - Результаты многофакторного анализа потенциальных предикторов концентрации Se у детей

Предиктор	β	95% ДИ	p
Свободный коэффициент	0,13	–	–
Рыба ($\times 100$ единиц)	0,99	0,04; 1,94	0,041
Овощи, зелень ($\times 100$ единиц)	0,41	0,02; 0,84	0,05
Молоко ($\times 100$ единиц)	- 1,19	-2,01; -0,37;	0,005
Творог ($\times 100$ единиц)	1,96	0,16; 3,75	0,033
Крупы ($\times 100$ единиц)	1,79	0,66; 3,51	0,005

Модель многофакторной линейной регрессии ожидаемой концентрации Se у детей при $R^2 = 0,63$ (1):

$$Se_d = 0,13 + \beta_x x (X/100) + \beta_y x (Y/100) - \beta_z x (Z/100) + \beta_o x (O/100) + \beta_a x (A/100), \quad (1)$$

где Se_d - ожидаемая концентрация селена в волосах у детей; $\beta_{x,y,z,o,a}$ - коэффициент регрессии для соответствующего продукта;

X, Y, Z, O, A – масса продукта (г).

На основе коэффициентов полученной регрессионной модели была разработана номограмма для оценки ожидаемой концентрации Se у детей (Рисунок 3).

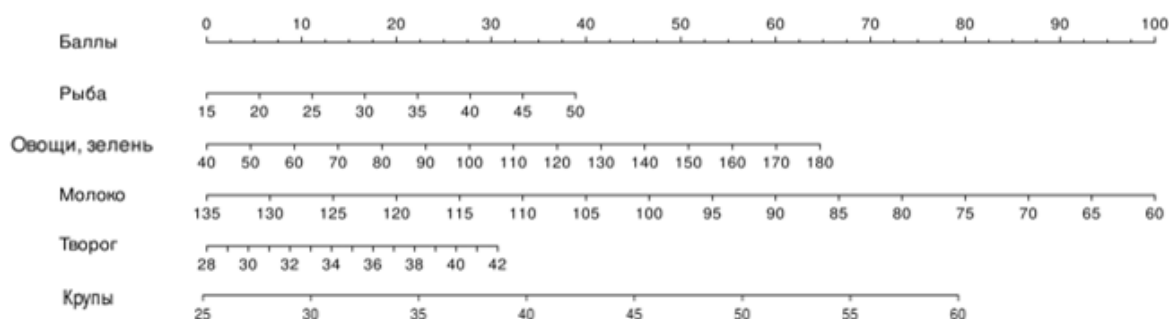


Рисунок 3 - Номограмма для оценки ожидаемой концентрации Se у детей

Для оценки ожидаемой концентрации Se в организме необходимо для каждого предиктора определить соответствующий его массе балл, не превышая рекомендуемые уровни суточного потребления, провести нормаль на шкалу «Баллы». Затем, суммируя баллы, необходимо ориентироваться на диапазон 99 - 122 балла, что соответствует ожидаемой концентрации Se в волосах у детей в пределах: от 25 центиля (0,271 мг/кг) до 75 центиля (0,460 мг/кг) (Рисунок 4).

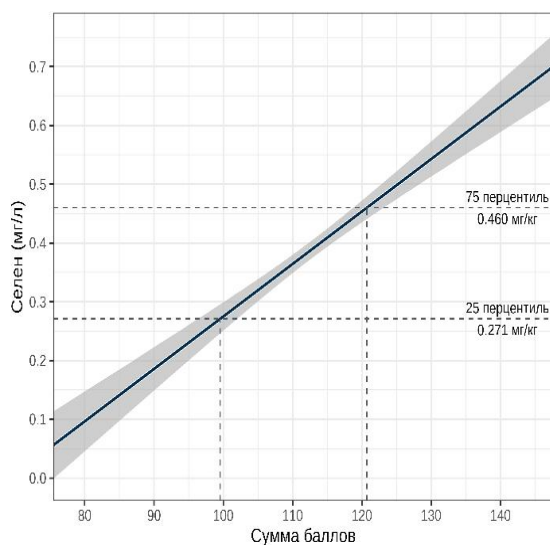


Рисунок 4 - Ожидаемая концентрация Se в волосах детей в зависимости от суммы баллов (95% доверительная область выделена серым цветом)

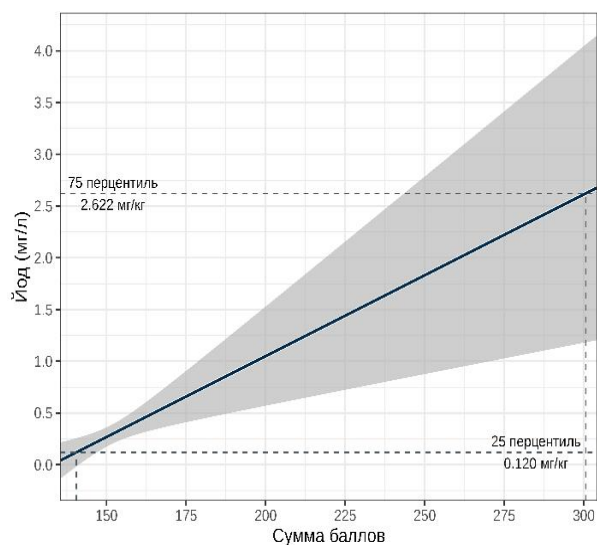


Рисунок 5 - Ожидаемая концентрация йода в волосах детей в зависимости от суммы баллов (95% доверительная область выделена серым цветом)

Модель многофакторной линейной регрессии ожидаемой концентрации йода у детей включает предикторы – рыбу, фрукты, кисломолочные продукты, творог, крупу (2) с коэффициентом детерминации $R^2 = 0,46$:

$$I_d = 2,48 + \beta_X \times (X / 100) + \beta_Y \times (Y / 100) - \beta_Z \times (Z / 100) + \beta_O \times (O / 100) + \beta_A \times (A / 100), \quad (2)$$

Для оценки ожидаемой обеспеченности йодом детей необходимо использовать соответствующую номограмму. Затем, суммируя баллы, необходимо ориентироваться на диапазон 60 - 300 баллов, что соответствует ожидаемой концентрации йода в волосах у детей в пределах: от 25 центиля (0,120 мг/кг) до 75 центиля (2,622 мг/кг) (рисунок 5).

Модель многофакторной линейной регрессии ожидаемой концентрации Se у взрослого населения (3) включает предикторы – рыбу, овощи и зелень, кисломолочные продукты, мясо, крупу ($R^2 = 0,58$):

$$Se_{вз} = -0,63 + \beta_Y \times (Y / 100) + \beta_Z \times (Z / 100) - \beta_O \times (O / 100) + \beta_A \times (A / 100) + \beta_X \times (X / 100), \quad (3)$$

Модель многофакторной линейной регрессии ожидаемой концентрации йода у взрослого населения (4) включает предикторы – рыбу, овощи и зелень, кисломолочные продукты, крупу ($R^2 = 0,43$):

$$I_{вз} = 3,04 + \beta_Y \times (Y / 100) + \beta_Z \times (Z / 100) - \beta_O \times (O / 100) + \beta_A \times (A / 100), \quad (4)$$

В пятой главе представлены разработанные модели по повышению обеспеченности Se и йодом взрослых и детей, дана оценка эффективности применения оптимизированного рациона среди взрослого населения.

На основе линейного регрессионного анализа с логарифмической трансформацией определены коэффициенты регрессии (Таблица 5).

Таблица 5 - Прогностическая модель изменений ИМТ, ЖМ, ОО, уровня концентрации внимания и памяти в зависимости от обеспеченности Se населения

Показатели	Среднее значение показателей (1-я группа)	Коэффициент регрессии при увеличении концентрации Se в волосах			p	R ²	ранг
		β	нижняя граница 95% ДИ	верхняя граница 95% ДИ			
Детское население (увеличение концентрации Se на каждые 0,1 мг/кг)							
Основной обмен, ккал	1128	931	754	1056	p<0,001	0,67	1
Жировая масса, кг	15,7	- 7,6	- 9,3	- 3,1	p<0,05	0,59	2
Индекс массы тела, кг/м ²	22,5	- 5,8	- 6,9	- 3,5	p<0,05	0,58	3
Концентрация внимания и памяти, слов	8,5	8,6	3,94	9,59	p<0,05	0,56	4
Взрослое население (увеличение концентрации Se в 2 раза)							
Основной обмен, ккал	1214	940	811	1032	p<0,001	0,69	1
Концентрация внимания и памяти, знаков	15	3,5	0,74	4,89	p<0,001	0,61	2
Жировая масса, кг	27,2	-3,49	- 6,8	- 1,3	p<0,05	0,61	3
Индекс массы тела, кг/м ²	26,9	- 3,91	- 5,2	- 1,9	p<0,05	0,57	4

Модель линейной регрессии с логарифмической трансформацией (5):

$$X = X_{cp} + \beta xM, \quad (5)$$

где X – искомый показатель, X_{cp} – среднее значение показателя, β – коэффициент регрессии, M – содержание микроэлемента в волосах.

В представленной модели увеличение концентрации Se на 0,1 мг/кг в волосах у детей сопровождалось уменьшением ИМТ в среднем на 7% (p=0,045), уменьшением ЖМ на 13% (p=0,033), увеличением ОО на 20%, что демонстрирует дозозависимую связь между уровнем Se в волосах и ЖМ, ИМТ, ОО.

В вышеуказанной модели увеличение концентрации Se вдвое в волосах у взрослого населения сопровождалось уменьшением ИМТ в среднем на 5%, уменьшением ЖМ на 4%, увеличением ОО на 22% (p=0,008), что демонстрирует дозозависимую связь между концентрацией данного микроэлемента в волосах и ЖМ, ИМТ, ОО.

Сравнительное проспективное исследование эффективности применения в течение одного месяца оптимизированного рациона по Se и йоду для взрослых показало, что питание 30 человек с низкой обеспеченностью Se из основной группы привело в среднем к статистически значимому положительному результату по сравнению с контрольной группой (n=30) (Таблица 6), проявившемуся в увеличении ОО на 7,8%, активно-клеточной массы (АКМ) и скелетно-мышечной массы (СММ) на 5,5 и 6,8% соответственно, а также в снижении ЖМ на 7,1% и улучшении избирательного внимания на 6,8% ($p < 0,05$).

Таблица 6 – Данные биоимпедансометрии в динамике, $M \pm m$

Показатели	I визит		II визит		Р _{осн}	Р _{конт}
	Основная группа (n = 30)	Контрольная группа (n = 30)	Основная группа (n = 30)	Контрольная группа (n = 30)		
Жировая масса, кг	27,8 ± 1,3	26,9 ± 1,4	25,9 ± 1,4	27,0 ± 1,5	<0,05	>0,05
Основной обмен, ккал	1508 ± 104	1513 ± 103	1626 ± 105	1501 ± 99	<0,05	>0,05
Активно-клеточная масса, кг	27,5 ± 1,4	27,2 ± 1,5	29,1 ± 1,5	26,9 ± 1,3	<0,05	>0,05
Скелетно-мышечная масса, кг	29,2 ± 1,3	29,5 ± 1,3	31,1 ± 1,4	29,2 ± 1,5	<0,05	>0,05

ВЫВОДЫ

1. Определены низкие среднесуточные уровни алиментарного поступления Se по результатам оценки лабораторных исследований рационов питания, которые составили у школьников $25 \pm 6,8$ мкг, у взрослых $30 \pm 8,5$ мкг; низкие уровни йода $101,5 \pm 10,3$ мкг и $109,6 \pm 11,8$ мкг соответственно.

Только 60% обследованных торговых точек РТ реализуют продукцию, обогащенную йодом, а пищевой продукции, обогащенной Se не выявлено.

2. Содержание Se в пищевых продуктах и блюдах после термообработки в сравнении с продовольственным сырьем снижается в говядине в 8 раз, в минтае в 20 раз, в яйце в 11 раз, в крупе пшённой в 4 раза, в овощах в 1,6 раза. Установлены группы пищевых продуктов - предикторов повышения

обеспеченности населения Se: у детей ($R^2=0,63$) - крупа, рыба, овощи (без картофеля), молоко, творог; у взрослых ($R^2=0,55$) – рыба, крупа, мясо, овощи (без картофеля), кисломолочная продукция; предикторы повышения обеспеченности населения йодом: у детей ($R^2=0,46$) – рыба, фрукты, творог, кисломолочная продукция, крупа; у взрослых ($R^2=0,43$) - рыба, крупа, овощи (без картофеля), кисломолочная продукция.

3. Распространенность йододефицитных состояний статистически значимо выше ($p<0,001$) в группах с низкой обеспеченностью Se в осенне-зимний период как у детей (75,6% и 82,9% соответственно), так и взрослых (58,8% и 65% соответственно). В весенний период, независимо от обеспеченности Se, как у школьников, так и у взрослых, отмечается ФОУ йода.

Установлена дозозависимая связь между уровнем Se в волосах и ИМТ, ЖМ, ОО, уровнем концентрации внимания и памяти. Чем ниже уровень Se в волосах, тем выше ИМТ, ЖМ и ниже ОО, уровень концентрации внимания и памяти.

4. Научно обоснована и разработана прогностическая модель для оценки ожидаемой обеспеченности Se и йодом населения с целью коррекции рациона питания при селено- и йододефицитных состояниях. Сформирован оптимизированный рацион с установленными предикторами, повышающими обеспеченность населения Se и йодом, направленного на улучшение компонентного состава тела. Применение данного рациона привело к статистически значимому положительному эффекту, проявившемуся в снижении ЖМ на 7,1 %, увеличении АКМ на 5,5 % и СММ на 6,8 %, увеличении ОО на 7,8 %, улучшении избирательного внимания на 6,8 % ($p<0,05$).

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. *Для медицинских работников школ, лечебно-профилактических учреждений, предприятий:* при проведении профилактических медицинских осмотров информировать детское и взрослое население по вопросам профилактики селено- и йододефицитных состояний; в ходе контроля организации питания особое внимание уделять включению в меню

организованных коллективов продуктов – предикторов, повышающих обеспеченность организма Se и йодом: у детей – это крупы, рыба, овощи и зелень, фрукты, кисломолочная продукция, молоко и творог; у взрослых – рыба, крупы, мясо, овощи и зелень, кисломолочная продукция.

2. *Управлениям Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека в субъектах РФ:* при проведении надзорных мероприятий оценивать включение в программы производственного контроля предприятий пищевой промышленности, организаций общественного питания населения лабораторную оценку содержания Se и йода в продуктах питания и блюдах собственного производства с целью возможности оптимизации рациона населения по данным микроэлементам; включить в план проводимых мероприятий по гигиеническому воспитанию информационную кампанию среди различных групп населения по профилактике селено- и йододефицитных состояний; в ходе профилактических мероприятий консультировать администрации школ и предприятий по составлению корпоративных программ, направленных на укрепление общественного здоровья.

3. *Республиканским центрам общественного здоровья и медицинской профилактики в субъектах РФ:* при выявлении в ходе диспансеризации пациентов с избыточной массой тела и ожирением дополнительно обследовать на обеспеченность Se и йодом; выявленным лицам с селено- и йододефицитными состояниями оказывать помощь в коррекции рационов питания на основе разработанной модели для оценки ожидаемой обеспеченности организма данными микроэлементами; реализовывать программы по гигиеническому воспитанию в образовательных организациях и на предприятиях, направленные на повышение уровня грамотности по вопросам профилактики селено- и йододефицитных состояний.

4. *Для предприятий пищевой промышленности:* наладить выпуск продукции, содержащей нативный Se и йод, в целях обеспечения возможности оптимизировать рацион населения для профилактики селено- и йододефицитных состояний.

5. Для организаций высшего медицинского образования: формировать у студентов, врачей-ординаторов навыки гигиенического воспитания и обучения по здоровому питанию, в том числе по вопросам профилактики селено- и йододефицитных состояний.

ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ

Результаты проведенных исследований являются основой для дальнейшей разработки и модернизации методов прогнозирования селено- и йододефицитных состояний здоровья населения и снижения рисков развития избыточного веса, ожирения.

Актуальным остается оценка эффективности использования новых составов и компонентов для создания функциональных пищевых продуктов с заданными свойствами с целью повышения уровня Se и йода в рационе.

Необходим поиск превентивных инновационных подходов селено- и йододефицитных состояний как один из аспектов в комплексной профилактике риска возникновения избыточной массы тела и ожирения.

СПИСОК НАУЧНЫХ РАБОТ,

ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. The influence of iodine and selenium on the metabolism of teenagers of Leninogorsk district of the Republic of Tatarstan (Russia) / G. M. Mukhutdinova, E. G. Gomzina, A. A. Imamov, I. V. Medvedeva // Danish Scientific Journal (DSJ). – 2020. – No 39. – P. 19–24.

2. Мухутдинова, Г. М. Влияние селенового статуса на организм человека (литературный обзор) / Г. М. Мухутдинова, А. А. Имамов, Е. Г. Гомзина // *Medicine and health care organization* / Медицина и организация здравоохранения. – 2022. – Т. 7, № 4. – С. 126–136.

3. Распространенность метаболических нарушений на фоне содержания селена в организме у школьников 13–14 лет / Г. М. Мухутдинова, Е. Г. Гомзина, А. А. Имамов, М. В. Карпова // *Санитарный врач*. – 2022. – № 8. – С. 561–573.

4. **Оценка влияния недостаточности селена на показатели обмена веществ людей трудоспособного возраста / Г. М. Мухутдинова, Е. Г. Гомзина, А. А. Имамов, И.Р. Искандаров // Казанский медицинский журнал. – 2023. – Т. 104, № 2. – С. 224–234.**

5. Mukhutdinova, G. M. Dietary forecasting to correct the selenium status of a person / G. M. Mukhutdinova, A. A. Imamov, E. G. Gomzina // Modern science : fundamental and applied aspects : II International Scientific and Practical Conference. – Beijing, 2023. – P. 18–22.

6. Mukhutdinova, G. M. Hygienic assessment of the level of selenium in the diet of adult population / G. M. Mukhutdinova, E. G. Gomzina, A. A. Imamov // Danish Scientific Journal (DSJ). – 2023. – No 68. – P. 10–15.

7. Мухутдинова, Г. М. Превентивные технологии утомляемости школьников при селенодефицитных состояниях / Г. М. Мухутдинова, Е. Г. Гомзина, А. А. Имамов // Здоровые дети – будущее страны : материалы VII Национального конгресса. – Санкт-Петербург, 2023. – С. 419–420.

8. Мухутдинова, Г. М. Селеновый статус, как релевантная модель риска метаболического синдрома у населения / Г. М. Мухутдинова, А. А. Имамов, Е. Г. Гомзина // Ожирение и метаболические нарушения : Осознанная перезагрузка : материалы Международного конгресса. – Москва, 2023. – С. 39.

9. Мухутдинова, Г. М. Прогностическая модель риска селенодефицитных состояний среди школьников / Г. М. Мухутдинова, А. А. Имамов // Профилактическая медицина-2023 : материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Санкт-Петербург, 2023. – С. 204–208.

10. **Патент № RU 2823619 С1. Зерновой продукт для коррекции обмена веществ при воздействии неблагоприятных факторов окружающей среды : № 2023124835 : заявл. 26.09.2023 : опубл. 25.07.2024 / Г. М. Мухутдинова, Т. Ю. Гумеров, Е. Г. Гомзина, А. А. Имамов ; заявители, патентообладатели Мухутдинова Г. М. , Гумеров Т. Ю., Гомзина Е. Г. , Имамов А. А.**

11. Мухутдинова, Г. М. Роль микроэлементов (селена и йода) в профилактике хронических неинфекционных алиментарно-зависимых

заболеваний : возможности совершенствования организации питания населения: монография / Г. М. Мухутдинова, А. А. Имамов, Е. Г. Гомзина. – Казань : ИД «МедДоК», 2024. – 192 с.

12. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2024624030 Российская Федерация. База данных динамических показателей биоимпедансного анализа, концентрации внимания и памяти у взрослого населения 1-й группы ФА : № 2024623677 : заявл. 26.08.2024 : опубл. 10.09.2024 / Г. М. Мухутдинова, Е. Г. Гомзина, А. А. Имамов ; заявитель ФГБОУ ВО Казанский ГМУ Минздрава России.

13. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2024624115 Российская Федерация. База данных «Оптимизированный рацион по селену и йоду для взрослого населения» : № 2024623684 : заявл. 26.08.2024 : опубл. 16.09.2024 / Г. М. Мухутдинова, Е. Г. Гомзина, А. А. Имамов ; заявитель ФГБОУ ВО Казанский ГМУ Минздрава России.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

АКМ – активно-клеточная масса
 е.ц.и. – единиц цифровой информации
 ЖМ – жировая масса
 ЗЭС – заболевания эндокринной системы и заболевания, связанные с нарушением питания
 ИМТ – индекс массы тела
 ЙДЗ – йододефицитные заболевания
 ЙДС – йододефицитные состояния
 НИЗ – неинфекционные алиментарно-зависимые заболевания

НФП – нормы физиологических потребностей
 ОБ – обхват бедер
 ОО – основной обмен
 ОТ – обхват талии
 РТ – Республика Татарстан
 РФ – Российская Федерация
 СММ – скелетно-мышечная масса
 ФОУ – физиологически оптимальный уровень
 ЩЖ – щитовидная железа
 Se – селен