ISSN 2074-9414 (Print)
ISSN 2313-1748 (Online)

https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-1-124-139
УДК 641.5:543.645.5

Обзорная статья
http://fptt.ru/

Обогащение пищевых продуктов как фактор профилактики микронутриентной недостаточности

Л. А. Маюрникова[1,*], А. А. Кокшаров[1], Т. В. Крапива[1], С. В. Новоселов[2]

[1] *ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6*

[2] *ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова», 656038, Россия, г. Барнаул, пр. Ленина, 46*

Дата поступления в редакцию: 12.02.2020
Дата принятия в печать: 23.03.2020

**e-mail: nir30@mail.ru*

© Л. А. Маюрникова, А. А. Кокшаров, Т. В. Крапива, С. В. Новоселов, 2020

Аннотация.
Введение. Проблема дефицита микронутриентов в питании населения является важной составляющей в формировании и сохранении здоровья как для развивающихся, так и для многих развитых стран мира. Дефицит микронутриентов (МН), следствием которого являются алиментарно-зависимые заболевания (АЗЗ), вызывает необходимость введения во многих развивающихся странах обязательного обогащения пищевых продуктов как действенной меры профилактики на законодательном уровне. В развитых странах практикуется добровольное обогащение пищевых продуктов. Накопленный опыт борьбы с дефицитом микронутриентов обобщен и изложен в документах ФАО/ВОЗ. Специфические особенности решения проблемы являются предметом разработки и реализации государственных профилактических программ. Анализ путей профилактики микронутриентой недостаточности показал высокую социальную и экономическую эффективность обогащения продуктов питания дефицитными для каждой страны МН с учетом национальных особенностей и традиций питания. Приоритетными обогащающими добавками (ОД) являются йод, железо и витамин А.
Результаты и их обсуждение. Дан обзор состояния проблемы дефицита этих МН в разных странах мира, профилактики через обогащение путем выбора групп продуктов питания, ОД и способа обогащения. Роль селена в питании и развитии АЗЗ менее изучена и требует широкомасштабных исследований с учетом имеющегося опыта. Показана хронология профилактических мероприятий по снижению микронуриентной недостаточности населения России в рамках государственных программ. Приведен перечень нормативных документов, регулирующих производство и оборот обогащенных продуктов питания. Новизна исследований заключается в формировании рекомендуемых приоритетных направлений научных исследований в области обогащения продуктов питания дефицитными МН с учетом известного опыта и его анализа.
Выводы. Практическое применение материалов статьи можно использовать для осмысления указанной проблемы, ее актуальности, постановки цели и задач научных исследований, в том числе в рамках профилактических программ.

Ключевые слова. Микронутриенты, дефицит, повышение питательной ценности, пищевые добавки, йод, селен, железо, законодательная база

Для цитирования: Обогащение пищевых продуктов как фактор профилактики микронутриентной недостаточности / Л. А. Маюрникова, А. А. Кокшаров, Т. В. Крапива [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2020. – Т. 50, № 1. – С. 124–139. DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-1-124-139.

Review article

Available online at http://fptt.ru/eng

Food Fortification as a Preventive Factor of Micronutrient Deficiency

L.A. Mayurnikova[1,*], A.A. Koksharov[1], T.V. Krapiva[1], S.V. Novoselov[2]

[1] *Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia*

[2] *Polzunov Altai State Technical Unoversity, 46, Lenina Ave., Barnaul, 656038, Russia*

Received: February 12, 2020
Accepted: March 03, 2020

**e-mail: nir30@mail.ru*

© L.A. Mayurnikova, A.A. Koksharov, T.V. Krapiva, S.V. Novoselov, 2020

Abstract.
Introduction. The problem of micronutrient deficiency remains a relevant issue all over the world. However, it is mostly developed countries that practice food fortification. The FAO and the WHO accumulate related experience and summarize it in various documents. Yet some aspects of the problem can be solved on state level. The present research featured micronutrient deficit and preventive measures in several countries taking into account local food traditions. Since 1920, a number of industrially developed northern countries have started developing and implementing various food fortification programs. Similar programs are being introduced in East, Central, and South Africa and Southeast Asia. For 40 years, Russia has been taking various measures to prevent micronutrient deficiency and related diseases.
Results and discussion. The research revealed the social and economic measures of food fortification that were found lacking in these countries. The main problem proved to be iodine, iron, and vitamin A deficiency. However, lack of other micronutrients also remains a burning issue. The present paper gives an overview of iodine, selenium, and iron deficiencies in several countries. The authors proposed several solutions, e.g. food group selection, food additives (mono or premix), various ways of fortification, etc. The article also contains a list of main Russian regulatory documents that control the production and turnover of food fortification. The authors showed advantages of food fortification of mass consumption products, e.g. the low cost of processing, the affordability of enriched products, their availability for different social population, the well-developed regulation standards, the good social effect of food fortification projects, their economic efficiency, etc. Taking into consideration the environmental changes and various geopolitical and economic factors that negatively affect nutrition and population health, the authors recommend to continue evidence-based research in this direction to develop new technologies and food supplements.
Conclusion. The novelty of the research lies in the fact that it reveals priority areas for prospective scientific research in food fortification based on a thorough analysis of the existing experience. From the point of view of practical application, the research offers a deeper understanding of the problem, stresses its relevance, sets goals and objectives of future studies, and offers some ideas for preventive programs.

Keywords. Micronutrients, deficiency, nutritional value enhancement, food supplementation, iodine, selenium, iron, legal framework

For citation: Mayurnikova LA, Koksharov AA, Krapiva TV, Novoselov SV. Food Fortification as a Preventive Factor of Micronutrient Deficiency. Food Processing: Techniques and Technology. 2020;50(1):124–139. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-1-124-139.

Введение

Глобальные проблемы современности – это совокупность наиболее острых мировых проблем, решение которых требует массового осмысления и объединения усилий всех народов и государств. Значимыми проблемами для всего мира считают экологическую, геополитическую и продовольственную.

Продовольственная проблема мирового масштаба – это неспособность человечества полностью обеспечить себя продуктами питания, которые соответствуют принятым физиологическим нормам. К факторам, влияющим на продовольственную проблему, относят быстрый рост населения планеты и специфику его территориального размещения, влияние экономики развивающихся стран, политическую обстановку в мире, повсеместную индустриализацию и др. Эта проблема позиционируется не только как недостаток продовольствия, но и как несбалансированность питания в различных государствах мира. Следствием являются неинфекционные заболевания, в том числе алиментарно-зависимые заболевания (АЗЗ).

Россия в конце XX и начале XXI века пережила серьезные социально-экономические потрясения, отрицательно сказавшиеся на состоянии здоровья значительной части населения. Алиментарно-зависимые заболевания связаны с нарушением структуры питания. Причиной является микронутриентная недостаточность.

Постоянный мониторинг микронутриентного статуса разных групп населения, разработка, осуществление и оценка эффективности профилактических программ является одной из задач медицинской науки, гигиены питания и пищевых технологий. В этой ситуации, как убедительно свидетельствует весь мировой и отечественный опыт, наиболее эффективным, физиологичным и экономически доступным способом кардинального улучшения обеспеченности населения микронутриентами является включение в рацион пищевых продуктов и готовых блюд, обогащенных ценными биологически активными пищевыми веществами до уровня, который соответствует физиологическим потребностям человека.

Цель исследования – анализ, систематизация и обобщение международного и отечественного опыта в области АЗЗ, обусловленных дефицитом микронутриентов, путей профилактики этих заболеваний через программы разного уровня (международные, национальные и региональные), изучение их эффективности и законодательства с учетом хронологии событий.

Результаты и их обсуждение

Проблема дефицита микронутриентов. В большинстве стран мира несколько факторов риска обуславливают значительную долю всех случаев смертности и заболеваемости от хронических неинфекционных заболеваний. Особое место занимают факторы, связанные с нарушением питания.

Одним из пищевых факторов является полноценное и регулярное снабжение организма всеми необходимыми микронутриентами: витаминами и минеральными веществами [1].

Международная конференция ФАО/ВОЗ по питанию, состоявшаяся в 1992 г. в Риме, указала на широкое распространение дефицита микронутриентов (МН) как на важнейшую проблему питания не только развивающихся, но и развитых стран, а также подчеркнула необходимость широкомасштабных мер на государственном уровне для эффективной коррекции этих дефицитов [2–4].

Постоянный мониторинг микронутриентного статуса различных групп населения, выявление дефицита витаминов, микро- и макроэлементов, их глубины и распространенности, разработка профилактических мероприятий – основная задача профилактической медицины, гигиенистов и технологов.

В России изучение этих вопросов осуществляется в рамках социально-гигиенического мониторинга. Социально-гигиенический мониторинг – это государственная система наблюдения, анализа, оценки и прогноза состояния здоровья населения и среды обитания человека, определения причинно-следственных связей между состоянием здоровья населения и воздействием факторов среды обитания на человека (далее – мониторинг).

Данные результатов структуры питания и пищевого статуса различных групп населения, проживающих в субъектах РФ, публикуются ежегодно на официальном сайте Департамента РПН.

Изменение внешних факторов среды и их влияние на состояние питания и здоровья населения стало причиной внесения предложений новых подходов к проведению санитарно-гигиенического мониторинга в современных условиях развития общества с целью его совершенствования [5–7].

Результаты многолетних исследований состояния питания и здоровья детского и взрослого населения различных регионов России, начиная с конца XX века и по настоящее время (В. А. Тутельян, В. Б. Спиричев, Б. П. Суханов, В. М. Позняковский, Л. Н. Шатнюк), свидетельствуют о недостаточном потреблении витаминов и минеральных веществ. Глубина дефицита микронутриентов (МН) нарастает в зимне-весенний период, но сохраняется и в более благоприятные летне-осенние месяцы, являясь постоянно действующим вредным фактором. Особую значимость имеет недостаток потребления питательных веществ в детском возрасте, который отрицательно сказывается на здоровье, физическом и умственном развитии, способствует развитию обменных нарушений, хронических заболеваний и препятствует формированию здорового поколения.

Профилактика через обогащение продуктов питания. В качестве путей профилактики микронутриентой недостаточности используют включение в рацион витаминно-минеральных комплексов (ВМК), биологически активных добавок к пище (БАД), продуктов питания с заданными функциональными свойствами, в том числе обогащенных эссенциальными микронутриентами [8, 9].

Обогащение пищевых продуктов – один из основных факторов в борьбе с дефицитом микроэлементов в промышленно развитых странах мира [10]. Соединенные Штаты, Швейцария и Канада осознали необходимость обогащения продуктов питания в борьбе с микронутриентой недостаточностью в разных группах населения, начиная с 1920-х годов [11, 12].

Для ряда стран Восточной, Центральной и Южной Африки программы профилактики микронутриентой недостаточности через обогащение продуктов питания являются актуальными. Так, ECSA-HC (Сообщество здравоохранения Восточной, Центральной и Южной Африки), являясь региональной межправительственной организацией здравоохранения, способствует сотрудничеству в области здравоохранения среди стран-членов этой организации: Кения, Лесото, Малави, Маврикий, Мозамбик, Сейшельские острова, Свазиленд, Южная Африка, Танзания, Уганда, Замбия и Зимбабве. В 2002 году организация приняла решение о снижении дефицитных состояний путем обогащения пищевых продуктов и была поддержана USAID/EA (Высший федеральный орган государственного управления США в области оказания помощи за рубежом) [13, 14].

В Юго-Восточной Азии (2003 г.) Международный Институт биологических наук (ILSI) Бангкока (Таиланд) реализует международную программу по обогащению пищевых продуктов микроэлементами. Одной из задач программы является вовлечение заинтересованных сторон-партнеров по вопросам обогащения пищевых продуктов в странах АСЕАН (Филиппины, Бруней, Малайзия, Вьетнам, Камбоджа, Сингапур, Мьянма, Лаос, Индонезия) [15–17].

Россия имеет свою историю развития профилактики микронутриентой недостаточности. Началом разработки и реализации программ обогащения пищевых продуктов дефицитными МН явилось постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР № 58 от 14.01.1960 «О мерах по дальнейшему улучшению медицинского обслуживания и охраны здоровья населения СССР». Приказом министра здравоохранения СССР № 695 от 24.08.1972 предусматривалась витаминизация ряда продуктов массового потребления (мука, молоко, маргарин, сахар) и обогащение витамином С первых и третьих блюд на предприятиях питания. Однако отсутствие согласованности между участниками, реализующими данные руководства правительства, не дало эффективного положительного результата.

В 1983 г. Институт питания РАМН совместно с Научным Советом Госкомитета СССР по науке и технике, а также Межведомственным советом по профилактике заболеваний и укреплению здоровья населения при Минздраве СССР на основе международного и уже сложившегося отечественного опыта стали инициатором решения проблемы в рамках программы «Производство пищевых продуктов и рационализация питания населения СССР». Министерство здравоохранения СССР издало Приказ № 528 от 5.07.1988 «О мерах по дальнейшему улучшению охраны здоровья населения и укрепления материально-технической базы здравоохранения». В дальнейшем вопросы обогащения пищевых продуктов массового потребления витаминами и минеральными веществами решались в рамках государственных программ: по ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АС (1990–1992 гг.), «Высокоэффективные процессы производства продовольствия» (1992–1995 гг.), «Здоровье населения России на 1993–1995 гг.», «Здоровое питание» (1999–2005 гг.) и т. д.

Однако, в отличие от ряда зарубежных стран, где обогащение пищевых продуктов закреплено законом, в России меры профилактики дефицита микронутриентов осуществляются на добровольной основе.

В современных условиях развития общества обогащение пищевых продуктов – это процесс, требующий согласованного взаимодействия представителей науки, техники, технологии, медицины, производства и рынка. В основе этого процесса лежат научные исследования, результатом которых являются новые знания в виде концепции, методологии, методов, способов, технологий и т. д.

Международный опыт обогащения пищевых продуктов, объединенный в документах ФАО/ВОЗ, был положен в основу разработки методологии обогащения продуктов в России. Основоположниками развития принципов обогащения пищевых продуктов были специалисты ФГБУН «Исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи» В. Б. Спиричев, Б. П. Суханов и В. А. Тутельян в тесном сотрудничестве с отраслевыми институтами и профильными университетами.

Обогащение продуктов питания – это объективное вмешательство в современную структуру питания человека, обусловленное изменением ряда факторов: обновлением рынка продовольственных товаров, пищевой ценности и усвояемости продуктов питания, неблагоприятными изменениями экологической и климатической ситуации, региональными особенностями и др. Эти факторы вызывают необходимость и целесообразность корректировки методологических основ обогащения продуктов питания [18–21].

Каждая область научной и практической сферы познания начинается с понятийного аппарата. В Кодексе Питания «обогащение продовольствия» определено как добавление одного или более необходимых пищевых веществ к продуктам, содержащим или не содержащим нутриенты в естественном состоянии с целью предотвращения или устранения явного дефицита одного или более питательных веществ у населения в целом или у определенных групп населения.

Явный или «демонстрируемый дефицит» – это дефицит, демонстрируемый диетическими, биохимическими, функциональными и/или клиническими данными дефицита нутриента(ов), зарегистрированными в официальных документах.

Из терминов, широко применяемых при обогащении пищевых продуктов, в зарубежной практике используют: «обогащение» (от англ. enrichment), обозначающее добавление к продуктам питания любых эссенциальных пищевых веществ (витаминов, макро- и микроэлементов, полиненасыщенных жирных кислот, пищевых волокон и других биологически активных веществ) безотносительно к количеству, набору и цели добавления. Близок термин «нутрификация» (от англ. nutrification), подчеркивающий цель такого добавления – увеличение пищевой ценности продуктов питания. Более узкий смысл имеет термин «восстановление» (от англ. restoring), обозначающий добавление пищевых веществ к продуктам питания для восстановления их потерь в процессе производства, хранения и реализации. Например, восполнение содержания витамина С в соках после переработки соответствующих ягод до уровня их содержания в исходном сырье. В зарубежной литературе широко используют термин «фортификация» или усиление (от англ. amplification), т. е. дополнительное обогащение продуктов питания недостающими пищевыми веществами до уровня, превышающего их естественное содержание в данном продукте.

Современная пищевая фортификация включает в себя «биофортификацию», т. е. использование биотехнологии (например, генной инженерии) для обогащения основных культур. Биофортификация, являясь современным методом обогащения пищевых продуктов, вызывает интерес в последние годы во всем мире. Самым популярным примером данного подхода является трансгенный «Золотой рис», в котором содержится значительное количество бета-каротина, а уровень железа в два раза превышает нормативный [22].

Микробиологическая биофортификация заключается в использовании бактерий, которые образуют вещества, способствующие накоплению витаминов и минеральных веществ в процессе жизнедеятельности

в продуктах питания или непосредственно в кишечнике человека [23].

В России основные термины и определения, связанные с обогащением продуктов питания изложены в нормативных документах. Так, согласно ГОСТ Р 52349-2005, обогащенный пищевой продукт – это функциональный пищевой продукт, получаемый добавлением одного или нескольких функциональных пищевых ингредиентов к традиционным пищевым продуктам в количестве, обеспечивающем предотвращение или восполнение имеющегося в организме дефицита питательных веществ и/или собственной микрофлоры.

Технический регламент таможенного союза ТР ТС 021/2011 трактует обогащенную пищевую продукцию как продукцию, в которую добавлены пищевые и/или биологически активные вещества и/или пробиотические микроорганизмы, не присутствующие в ней изначально, либо присутствующие в недостаточном количестве или утерянные в процессе производства (изготовления). При этом гарантированное изготовителем содержание каждого пищевого или биологически активного вещества, использованного для обогащения, доведено до уровня, соответствующего критериям для пищевой продукции – источника пищевого вещества или других отличительных признаков пищевой продукции. Максимальный уровень содержания пищевых и/или биологически активных веществ в такой продукции не должен превышать верхний безопасный уровень потребления таких веществ при поступлении из всех возможных источников (при наличии таких уровней).

Таким образом, обогащение пищевых продуктов является мерой профилактики алиментарно-зависимых заболеваний и частным случаем решения проблемы микронутриентого дефицита.

В связи с перспективностью гармонизации нормативной базы (документов) во многих направлениях развития мирового сообщества, в том числе в профилактике АЗЗ и анализа существующих действующих документов, можно выделить некоторые элементы общности в концепции обогащения пищевых продуктов:

– для обогащения используют те МН, дефицит которых является демонстрируемым и вызывает опасение для здоровья населения;

– целесообразно обогащать продукты массового потребления, которые доступны для всех групп населения;

– обогащение не должно ухудшать потребительские свойства продуктов, поэтому необходим подбор обогащающих добавок с учетом состава и свойств обогащаемого продукта;

– выбор технологии базируется на максимальной сохранности обогащающих добавок в готовом продукте;

– количество обогащающей добавки в продукте должно соответствовать статусу продукта и контингента, для которого он предназначен;

– должны быть методы идентификации и контроля качественного и количественного содержания обогащающей добавки в обогащенном продукте;

– потребитель должен быть информирован о статусе приобретаемого продукта.

По мнению В. М. Коденцовой существуют два типа обогащения пищевой продукции [24]. При массовой фортификации обогащению подвергаются пищевые продукты (хлеб и хлебобулочные изделия, молочные продукты, зерновые продукты (каши, мюсли, хлопья), соки, нектары, напитки, йодированная соль), которые повседневно потребляются всеми слоями населения старше 3 лет. Целевое обогащение – обогащение пищевых продуктов для отдельных категорий населения. Обогащение продуктов массового потребления почти всегда является обязательным, законодательно закрепленным. Целевое обогащение, в зависимости от проблемы, которую пытаются решить, может быть обязательным или добровольным. Свободное или добровольное («либеральное») обогащение по инициативе производителей широко развито в индустриально развитых странах. Иногда его называют «управляемое промышленностью обогащение» или «свободнорыночное обогащение» («market-drivenfortification»), но и оно регулируется государственными нормативными документами. «Добровольное» обогащение, т. е. добавление витаминов и минеральных веществ по усмотрению производителей пищевых продуктов, часто осуществляется в маркетинговых целях. Примером обязательного обогащения является йодизация соли в развивающихся странах [25].

Л. А. Маюрникова с соавторами на основе обобщения материалов по изучаемой теме выделяют два направления развития обогащения продуктов питания:

– технологии механистического формирования набора необходимых микронутриентов при обогащении продуктов питания с учетом глубины и распространенности дефицита, демонстрируемого на основании статистических данных, соответствующих государственных органов и организаций, вызывающих АЗЗ;

– технологии, основанные на изучении и учете предпочтений потребителей при разработке и производстве обогащенных продуктов питания [26].

Могут иметь место оба направления одновременно, т. к. обогащение должно иметь как социальный, так и экономический эффект.

Эффективность программ обогащения. Четко сформулированные программы в области профилактики микронутриентной недостаточности начали развиваться в 80-х годах XX века. В ряде

стран формировалась политика здорового питания населения на национальном или региональном уровнях. Эти программы базировались на данных эпидемиологии и современных концепциях профилактики. Независимо от региональных и национальных особенностей международный опыт показывает высокую эффективность таких программ.

В 2008 году ведущие экономисты мира проанализировали затраты и выгоды различных мероприятий в области общественного здравоохранения. Результаты показали, что обогащение является одним из наиболее экономически эффективных мероприятий, которые существуют для решения проблемы недостаточности питательных микроэлементов. В зависимости от пищи и конкретных добавляемых витаминов и микроэлементов обогащение обходится всего в $0,05–0,25 на человека в год. Прирост производительности труда и экономия для национальной системы здравоохранения во много раз превышают эти затраты.

В США изучение экономической составляющей реализации профилактических программ показывает, что расходы на лечение при недостаточности витаминов и микроэлементов могут варьировать от доллара и выше, тогда как, например, добавка витамина А стоит приблизительно два цента. Годовой экономический эффект внедрения программы обогащения зерновых в США оценивается в 312–425 млн. долл. США, а экономия составляет 88–145 млн. долл. США в год.

Проведенный в Бельгии расчет с использованием данных официальной статистики показал, что при обогащении рациона кальцием (400 мг) и витамином D (200 МЕ) лечение по предотвращению остеопоротических переломов для населения в возрасте старше 60 лет и во всех возрастных группах женщин с низкой минеральной плотностью кости или с компрессионным переломом позвонков было более эффективным и менее затратным [27].

Анализ эффективности обогащения, проведенный во Франции, показал, что потребление двух молочных продуктов, обогащенных витамином D, может привести к значительному снижению экономических затрат на лечение переломов у женщин старше 60 лет и у мужчин старше 70 лет [28].

В Германии общая стоимость программы по обогащению пищевой продукции витамином D (20 мкг/чел.) и Са (200 мг/чел.) – 41 млн. евро в год, в т. ч. 33,1 млн. евро на холе кальциферол и Са, 3,3 млн. евро – на маркетинговые и образовательные мероприятия, 2,9 млн. евро – для контроля продуктов питания и мониторинга, 2,1 млн. евро – на другие текущие расходы [29]. В Великобритании в качестве эффективного продукта, подлежащего обогащению, предложена пшеничная мука (10 мкг/100 г) [30].

Ежегодная стоимость обеспечения охраны здоровья одного человека в течение года с помощью сахара, обогащенного железом (Гватемалеа), и соли, обогащенной железом (Индия), согласно оценкам экспертов, составляет до 10 центов на человека.

В Танзании по подсчетам Всемирного банка дефицит железа, витамина А и фолиевой кислоты обходится более чем в 518 млн. долл. (2,65 % ВВП). По прогнозам программа обогащения пищевых продуктов принесет 8,22 долл. прибыли на каждый потраченный доллар [31].

Один из принципов обогащения пищевых продуктов гласит – для обогащения используют те МН, дефицит которых является демонстрируемым и вызывает опасение для здоровья населения. Несмотря на то что многие микро- и макроэлементы и витамины являются дефицитными, внимание международного сообщества сфокусировано на наиболее распространенных дефицитах минеральных веществах – йод, селен, железо.

Дефицит йода. Дефицит йода с эндемическим зобом как его основным клиническим проявлением и необратимой умственной отсталостью является частью истории Европейского континента. Особенно остро стояла проблема в изолированных и горных районах Австрии, Болгарии, Хорватии, Франции, Италии, Испании и Швейцарии. В то время появился термин «кретин Альп», который до сих пор занимает свое место в медицинских словарях [32].

Дефицит йода на международном уровне был признан более полутора столетий назад. В начале XIX века впервые было высказано предположение, что потребляемой соли, обогащенной йодом и используемой всеми группами населения мира, позволит снизить проблему дефицита [33].

Одной из первых работ по дефициту йода в Европе была монография «Эндемический зоб», опубликованная Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ) более 50 лет назад и рассматривающая проблему дефицита йода во всем мире [34].

Критическая оценка йододефицита в Европе была дана на совещании в Брюсселе в 1992 г. [35]. Было отмечено, что дефицит йода взят под контроль только в пяти странах, а именно в Австрии, Финляндии, Норвегии, Швеции и Швейцарии. В 1993 г. ВОЗ показала, что у 97 миллионов человек в Европейском регионе диагностируется дефицит йода [36].

В начале XXI века дефицит йода считался проблемой общественного здравоохранения в 40 странах мира. Это делает актуальным проведение исследований в системе мониторинга и принятие профилактических программ по снижению йододефицитных состояний, т. к. йод до сих пор считается самым распространенным дефицитным микроэлементов в мире.

В организм человека поступление йода обеспечивают продукты питания (90 %), а также вода и воздух (10 %). В зонах зобной эндемии содержание йода в пищевых продуктах гораздо ниже. Дефицит поступления йода с продуктами обусловлен уровнем

доступности его соединений, потерями на стадиях хранения и транспортировки йодсодержащего сырья, технологией переработки.

Обогащение продуктов питания йодом, в частности солью, успешно практиковалось в течение более чем 80 лет в международных программах предотвращения дефицита йода.

Так, согласно данным по законодательству Глобальной сети по борьбе с дефицитом йода (Iodine Global Network), обогащение соли, пшеничной муки и растительного масла является обязательным в ста восьми, восьмидесяти пяти и двадцати девяти странах (Global Fortification, 2018).

В число государств-членов АСЕАН, имеющие статус «обязательное» обогащение соли йодом, входят Бруней, Вьетнам, Индонезия, Камбоджа, Лаос, Малайзия, Мьянма, Сингапур, Таиланд и Филиппины. Законодательство об обязательном йодировании соли, в том числе и в отношении других пищевых продуктов, существует в таких странах, как Афганистан, Китай, Фиджи, Кирибати, Монголия, Непал, Папуа-Новая Гвинея, Соломоновы острова, Шри-Ланка, Бангладеш и Индия. Например, «Iodine Global Network legislation database», обновленная 26 марта 2017.

Вьетнам входит в группу из 19 стран, остающихся в мире с дефицитом йода. Проведенное в 2011 году многоиндикаторное кластерное обследование показало, что только 45 % домохозяйств во Вьетнаме потребляют йодированную соль, что значительно ниже глобальной рекомендации по всеобщему йодированию соли – 90 %.

В России вопросам снижения дефицита йода уделяется большое внимание. По данным специалистов Эндокринологического научного Центра Минздрава РФ дефицит йода распространен на всей территории России. До 70 % населения страдает заболеваниями щитовидной железы, на лечение которых ежегодно расходуется около 270 млрд. рублей [37].

Наиболее часто используемые при йодировании продуктов соединения – йодиды и иодаты натрия и калия. Это добавки, разрешенные Кодекс Алиментариус (лат. Codex Alimentarius – Пищевой Кодекс) для йодирования соли. Соединения йодидов дешевле, лучше растворяются и имеют более высокое содержание йода (поэтому их требуется меньше для того, чтобы достичь требуемого уровня йодирования), чем иодаты.

Иодаты более стабильны в условиях высокой влажности, высокой температуры окружающей среды, солнечных лучей, проветривания и присутствия примесей. Иодаты рекомендуются для использования в развивающихся странах. Йодид калия хорошо подходит в случаях, когда соль сухая, без примесей и имеет слегка щелочную среду, иначе йодид может окислиться до молекулярного йода и испариться. Высокая влажность способствует отделению йодида от соли и переходу в водную пленку. Потери йодида можно уменьшить добавлением стабилизаторов в виде тиосульфата натрия, гидроксида кальция, декстрозы и бикарбоната натрия.

Разработаны технологии йодирования соли в условиях как крупных, так и малых предприятий. В настоящее время используются четыре основных технологии добавления йода к соли – сухое смешивание, добавление по каплям, смешивание распылением и погружение в жидкость

В России специалистами ФГБУН «Исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи» и ЗАО «Валетек Продимпекс» разработана соль пищевая поваренная «Экстра», обогащенная иодатом калия до гарантированного содержания йода 40 ± 15 мкг на г соли, имеющая практически неограниченный срок годности. Выпускается соль йодированная с пониженным содержанием натрия, обогащенная калием и магнием.

В 1999 году главным государственным врачом Г. Г. Онищенко было рекомендовано, наряду с продолжением программы йодирования соли, расширить исследования по разработке ассортимента пищевой продукции, обогащенной этим МН.

Альтернативными продуктами питания для обогащения, которые могут рассматриваться в качестве объекта йодирования, являются молоко, сахар, хлеб, мука и приправы. Кроме того, для увеличения содержания йода в продуктах животного происхождения может быть полезным обогащение кормов для рационов животных [38].

Широкое распространение получило обогащение йодом молока. Во всех регионах России, начиная с 2008 года, работает программа «Школьное молоко» (концепция Национальной программы «Школьное молоко», Москва, 2017). Эта работа продолжается в рамках реализации Постановления Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 14 июня 2013 г. № 31 «О мерах по профилактике заболеваний, обусловленных дефицитом микронутриентов, развитию производства пищевых продуктов функционального и специализированного назначения». Важным элементом профилактики йододефицитных состояний в коллективах с организованным питанием является распоряжение министерства здравоохранения РФ «Об обеспечении общеобразовательных учреждений йодированной солью и пищевыми продуктами, обогащенными микронутриентами» от 23.06.2003 г.

В рамках Национальных проектов «Здоровье» и «Демография» в качестве превентивных мер Минздрав РФ готовит законопроект «О профилактике, заболеваний, вызванных дефицитом йода». Закон предполагает, что йодирование соли будет проводиться в три этапа: с 1.06.2020 года

ее обяжут использовать при изготовлении хлебобулочных изделий; с 1.06.2021 года вся соль должна быть обогащена иодатом калия; с 1.06.2022 года все пищевые продукты должны быть изготовлены с использованием йодированной пищевой соли.

Дефицит селена. До середины прошлого века считалось, что эндемичные формы патологии щитовидной железы обусловлены дефицитом йода. Из этого следовало, что профилактика дефицита йода только за счет увеличения поступления в организм йода является достаточной мерой. В настоящее время результаты фундаментальных исследований по биохимии, молекулярной фармакологии и клинической медицины позволяют подтвердить неразрывную связь метаболизма йода с метаболизмом других МН, в первую очередь селена [39].

По оценкам экспертов до миллиарда человек во всем мире страдают дефицитом селена [40]. Селенодефицит встречается крайне редко в странах Северной Америки, Японии и некоторых частях Южной Америки, тогда как в Европе, особенно Восточной, прослеживается умеренное потребление микроэлемента. В Китае встречаются зоны дефицита и избытка селена. Северная Европа характеризуется зоной дефицита [41–43].

Территории России, Бурятии и Читинской области относят к регионам с дефицитом селена. Положение усугубляется распространенностью дефицита йода на большей части территории Забайкалья.

Содержание селена в крови человека в разных странах значительно варьируется. Так, содержание селена в крови жителей средней полосы России составляет 115–120 мкг/л. В Финляндии оно составляет 81 мкг/л, в Великобритании – 120 мкг/л, в Канаде – 182 мкг/л. В наиболее неблагополучных регионах Читинской области, например, в Улетовском, уровень селена в крови составляет 48,5 ± 1,5 мкг/л, и только у 10 % людей содержание селена близко к норме – 70 мкг/л и более [44].

Биологическая активность селена зависит от его химического состава [45]. Селен существует в неорганической (селенит натрия, селенат натрия) и органической (например, селен-met) формах. Форма селена влияет на его биологическую активность: поглощение, накопление в тканях, метаболизм, механизм действия. Неорганические формы используются в качестве источников селена при обогащении пищевых продуктов [46–48]. Наряду с неорганическими формами селена используют в качестве обогащающей добавки селенизированные дрожжи.

Адекватные уровни потребления селена имеют относительно узкий диапазон между дефицитом и токсичностью. Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) и Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединённых Наций (ФАО) определили норму потребления селена для взрослого в 70 мкг/сут. Для женщин норма составляет 55 мкг/сут, а для мужчин – 60 мкг/сут. Максимально допустимый уровень потребления селена составляет 400 мкг/сут. Селен в количестве 19 мкг/сут является минимальным требованием для предотвращения заболеваний, связанных с его дефицитом [45, 49, 50]. Продукты питания – это источник селена для человека: зерновые, соя, мясо, морепродукты, яйца и молочные продукты, хотя его количество в них не высоко. Дополнительный уровень селена в рационе человека может быть обеспечен за счет включения в рацион биологически активных добавок и обогащенных пищевых продуктов.

В качестве продукта массового потребления для обогащения селеном может быть мука, которая входит в состав многих кулинарных изделий и блюд, хлеб, макаронные изделия и полуфабрикаты из мяса [51, 52]. Известны технологии обогащения селеном молочных продуктов, масла и яиц.

Представляют интерес технологии биообогащения растений и животных в период их выращивания [43, 44].

Целесообразно продолжать исследования, направленные на научно обоснованный выбор продуктов для обогащения селеном и обогащающих добавок, поиск оптимальных режимов и параметров технологий обогащения, т. к. имеющийся опыт показывает, что на разных этапах производства наблюдаются большие потери этого микронутриента.

Дефицит железа. Проблема железодефицитных состояний (ЖДС) не нова для медицинской науки и практики. Важным является факт, что два основных ЖДС – латентный дефицит железа (ЛДЖ) и железодефицитная анемия (ЖДА) – встречаются во всех странах мира, но распространенность этих состояний различна. Латентный дефицит железа в Европе и России составляет 30–40 %, а в некоторых регионах (районы Севера, Северный Кавказ, Восточная Сибирь) – 50–60 % [53].

Распространенность анемии у беременных женщин ниже в регионах с высоким уровнем дохода, поэтому самый низкий уровень анемии отмечается в Северной Америке, Европе и Центральной Азии. Показатели заболеваемости анемией особенно высоки в Южной Азии и странах Африки. В некоторых странах они превышают 60 %. Широко распространена анемия у детей. В Северной Америке уровень анемии составляет 9 %, Европе и Центральной Азии – 22%, Восточной Азии и Тихоокеанском регионе – 26 %. Этот показатель высок в Южной Азии и странах Африки и составляют 55 % и 60 % соответственно.

Дефицит железа формируется за счет незначительного количества продуктов питания богатых железом, включаемых в рацион питания. Обогащение продуктов питания железом практически во всех странах осуществляется в рамках программ

обогащения. Анализ законодательных основ обогащения продовольствия этим МН показывает, что практически во всех странах мира обогащение продуктов питания является добровольным. Надо отметить, что перенасыщение железом не вредно для растущего организма и женщин детородного возраста, т. к. потребность в железе для этих групп намного выше, чем для взрослых мужчин.

Стратегия обогащения продуктов питания железом для коррекции железодефицитной анемии является самым доступным решением, легко инициируется и поддерживается, достигает наибольшего числа людей, гарантирует устойчивость.

В США обогащение сухих зерновых завтраков витаминами и минеральными веществами, в частности железом, в количестве от 15 до 25 % от рекомендуемой нормы потребления (РНП) на порцию осуществляется с 1970-х гг. Обогащение продуктов питания железом применяется в ряде стран Латинской Америки и Карибского бассейна в соответствии с постановлениями правительства [54].

Для обогащения железом выбирают продукты питания наиболее часто потребляемые с учетом специфики регионов и национальных традиций питания. Например, рис является глобально производимым и потребляемым продуктом питания – около 450 миллионов тонн ежегодно. Это доминирующая основная продовольственная культура для 3 миллиардов человек во всем мире, обеспечивающая до 50–60 % энергией и белком. В мире производится 95 % риса в развивающихся странах, из которых 92 % приходится на Азию. В 2016 году странами с самым высоким потреблением риса были Китай (29 %), Индия (19 %) и Индонезия (11 %). Вместе взятые они составили 59 % от общего потребления. За ними следовали Бангладеш, Вьетнам, Мьянма, Таиланд, Филиппины, Бразилия и Япония.

Благодаря своей популярности, охвату и объемам потребления, рис является эффективным пищевым продуктом для обогащения. Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ), задачей которой является разработка научно обоснованных руководящих принципов для обогащения основных продуктов питания, постоянно занимается обновлением технологий обогащения риса железом и другими микроэлементами [55].

Хлеб и хлебопродукты, являясь продуктами ежедневного потребления во многих странах мира, широко используются для обогащения железом. Другие продукты, например, молочные изделия, сахар, порошок карри, соевый соус и печенье, используются для целей обогащения.

Во Вьетнаме и Китае клинические испытания эффективности обогащения продуктов питания показали, что обогащение рыбы соусом с железом способствует значительному улучшению обеспеченности населения железом и уменьшает железодефицитную анемию.

Соединения железа, используемые в обогащении продуктов питания, обычно классифицируются согласно их растворимости. Выбор соответствующего обогатителя для любого данного применения основывался на критериях: органолептические показатели, биоактивность, стоимость и безопасность. В отличие от препаратов йода и селена препараты железа могут оказывать отрицательное влияние на органолептические показатели обогащаемых продуктов. Эти показатели зачастую являются основным фактором выбора либо продукта для обогащения, либо дозы внесения обогащающей добавки.

Наиболее часто используемые обогащающие добавки в продуктах питания: железа (II) глюконат, железа (II) сульфат, железа (II) лактат, железа (II) фумарат, железа (III) дифосфат (пирофосфат), железа (II) цитрат, железо (III) аммонийно-цитратное.

Цвет соединений железа часто является критическим фактором при обогащении светлоокрашенных соединений. Например, ортофосфат железа часто выбирают в качестве обогатителей риса. Использование более растворимых соединений железа часто приводит к развитию обесцвечивания и исчезновению вкуса из-за реакции с другими веществами продукта. Например, детское питание из злаковых становится серым или зеленоватым при добавлении сульфата железа. Исчезновение аромата может быть результатом окисления жиров, катализируемого железом. Соединения железа могут способствовать появлению металлического привкуса в соках и напитках.

Биоактивность соединений железа обычно оговаривается относительно стандарта – сульфата железа. Водорастворимые соединения железа имеют хорошую биоактивность. Проблема низкой биоактивности некоторых из менее реакционноспособных форм железа часто решается путем использования интенсификаторов поглощения, добавляемых вместе с обогатителем. Примеры таких интенсификаторов – аскорбиновая кислота, кислый сульфат натрия и ортофосфорная кислота.

Перспективным является обогащение пищевых продуктов железом с одновременным добавлением других микронутриентов – фолиевой кислоты, витаминов B_{12}, С и др. Некоторые из перечисленных могут повысить его эффективность значительно.

Техническое регулирование качества и безопасности обогащенных продуктов питания. Важной составляющей любых профилактических программ, направленных на обогащение продуктов питания, является наличие и обновление (пересмотр) законодательства стран мира с целью защиты здоровья потребителей. В случаях обогащения продовольствия необходимы гарантии, что

население групп риска не получит токсичной либо неэффективной дозы любого используемого микронутриента. Должны быть прописаны процедуры контроля на всех этапах производства, упаковки, хранения и реализации.

Основополагающими стандартами в международной практике законодательного регулирования производства и оборота пищевой продукции, в том числе обогащенной, являются стандарты Кодекса Алиментариус, директивы Европейского Парламента и Совета Европейского Союза. В рамках Евразийского Экономического союза (ЕАЭС) разрабатывается современная система технического регулирования, гармонизированная с требованиями международных стандартов.

В России с учетом международных стандартов разработаны и введены в действие документы, излагающие требования к процедуре обогащения и доведения информации о свойствах продукции до потребителя в виде Технических регламентов Таможенного Союза, ГОСТов, СанПиНов, МР:

– ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции»;
– ТР ТС 022/2011 «Пищевая продукция в части ее маркировки»;
– ТР ТС 027/2012 «О безопасности отдельных видов специализированной пищевой продукции, в том числе диетического лечебного и диетического профилактического питания»;
– Регламент ЕС 1924/2006 о потребительской маркировке пищевой ценности и полезных свойств пищевого продукта;
– ГОСТ Р 52349-2005. Продукты пищевые. Продукты пищевые функциональные. Термины и определения;
– ГОСТ Р 54060-2010. Продукты пищевые функциональные. Идентификация. Общие положения;
– ГОСТ Р 55577-2013. Продукты пищевые специализированные и функциональные. Информация об отличительных признаках и эффективности;
– СанПиН 2.3.2.2804-10 Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. Дополнения и изменения № 22 к СанПиН 2.3.2.1078-01;
– МР 2.3.1.2432-08 Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации;
– МР 2.3.1.1915-04 Рекомендуемые уровни потребления пищевых и биологически активных веществ.

Выводы

Таким образом, микронутриентная недостаточность не является проблемой одного отдельно взятого государства, это проблема международного уровня. Опыт решения этой проблемы как развитых, так и развивающихся стран мира, показывает, что эффективным является включение в рацион питания витаминно-минеральных комплексов, биологически активных добавок, пищевых продуктов с заданными свойствами, в частности обогащенных дефицитными МН. Преимущество последнего заключается в массовости, низкой стоимости обогащения и обогащенных продуктов, доступности для населения с низкими доходами, регламентируемом содержании в продуктах обогащающих добавок, безопасности ежедневного применения, отсутствии психологического неприятия в связи с использованием для обогащения традиционных продуктов питания, возможности контроля качества и безопасности при производстве и реализации. Как на международном уровне, так и в Российской Федерации, разработана и обновляется по мере необходимости нормативная база относительно понятийного аппарата, требований к качеству, безопасности и функциональности обогащенных продуктов питания.

Реализация программ обогащения позволяет решать ряд важных вопросов:

– социальные: улучшение состояния питания различных групп населения, профилактика АЗЗ, повышение уровня образования населения в области здорового питания;
– экономические: снижение финансовых затрат на выплату больничных листов по нетрудоспособности (если это предусмотрено законодательством государства), повышение работоспособности и продолжительности жизни населения, минимальные затраты на профилактические мероприятия;
– экологические: повышение устойчивости организма человека к неблагоприятным факторам внешней среды (особенно крупных промышленных регионов).

Разработка и реализация программ обогащения целесообразна в рамках коллаборации партнеров, имеющих прямое или косвенное отношение к вопросам питания и здоровью населения. Важен поиск новых технологий обогащения (в том числе конвергентных), обогащающих добавок, исследований в области доказательной базы эффективности.

Критерии авторства

Вклад в выполненную работу: Л. А. Маюрникова – 30 %, А. А. Кокшаров – 30 %, Т. В. Крапива – 25 %, С. В. Новоселов – 15 %.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution

L.A. Mayurnikova was responsible for 30% of the research, A.A. Koksharov – 30%, T.V. Krapiva – 25%, and S.V. Novoselov – 15%.

Conflict of interest

The authors declare that there is no conflict of interest regarding the publication of this article.

Список литературы

1. Жминченко, В. М. Современные тенденции исследований в нутрициологии и гигиене питания / В. М. Жминченко, М. М. Г. Гаппаров // Вопросы питания. – 2015. – Т. 84, № 1. – С. 4–14.

2. World declaration and plan of action for nutrition. – Rome : FAO and WHO, 1992. – 50 p.

3. Food fortification: Technology and quality control. – Rome : FAO, 1996. – 102 p.

4. Iron deficiency, cognitive functions, and neurobehavioral disorders in children / L. Pivina, Yu. Semenova, M. D. Dosa [et al.] // Journal of Molecular Neuroscience. – 2019. – Vol. 68, № 1. – P. 1–10. DOI: https://doi.org/10.1007/s12031-019-01276-1.

5. Социально-гигиенический мониторинг на современном этапе: состояние и перспективы развития в сопряжении с риск-ориентированным надзором / Н. В. Зайцева, И. В. Май, Д. А. Кирьянов [и др.] // Анализ риска здоровью. – 2016. – № 4. – С. 4–16. DOI: https://doi.org/10.21668/health.risk/2016.4.01.

6. Алпысбаева, Ж. Т. Социально-гигиенический мониторинг условий труда на промышленных предприятиях / Ж. Т. Алпысбаева // Вестник Карагандинского университета. Серия «Биология. Медицина. География». – 2019. – Т. 93, № 1. – С. 84–88.

7. Шарухо, Г. В. Использование системы социально-гигиенического мониторинга в решении проблемы микронутриентной недостаточности (на примере Тюменской области) / Г. В. Шарухо // Медицинская наука и образование Урала. – 2010. – Т. 11, № 3 (63). – С. 153–155.

8. Коденцова, В. М. Обогащение пищевых продуктов массового потребления витаминами и минеральными веществами как способ повышения их пищевой ценности / В. М. Коденцова // Пищевая промышленность. – 2014. – № 3. – С. 14–18.

9. Коденцова, В. М. Витаминизированные пищевые продукты в питании детей: история, проблемы и перспективы / В. М. Коденцова, О. А. Вржесинская // Вопросы детской диетологии. – 2012. – Т. 10, № 5. – С. 31–44.

10. Vidar, M. International legal frameworks for food labelling and consumer rights / M. Vidar // Innovations in food labelling / J. Albert. – Cambridge : Woodhead Publishing, 2009. – P. 17–36.

11. Guidelines on food fortification with micronutrients / L. Allen, B. de Benoist, O. Dary [et al.]. – World Health Organization and Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2006. – 376 p.

12. Sacco, J. Food fortification policy in Canada / J. Sacco // Handbook of food fortification and health. From concepts to public health applications. Volume 1 / V. R. Preedy, R. Srirajaskanthan, V. B. Patel. – New York : Humana Press, 2013. – P. 59–71. DOI: https://doi.org/10.1007/978-1-4614-7076-2_5.

13. Sablah, M. Food fortification in Africa: Progress to date and priorities moving forward / M. Sablah, F. Grant, J. L. Fiedler // Sight and Life. – 2013. – Vol. 27, № 3. – P. 18–24.

14. Zimbabwe launches national food fortification strategy [Internet]. – Available from: https://www.afro.who.int/news/zimbabwe-launches-national-food-fortification-strategy. – Date of the application: 10.01.2020.

15. Legal framework for food fortification: Examples from Vietnam and Indonesia / M. A. Dijkhuizen, F. T. Wieringa, D. Soekarjo [et al.] // Food and Nutrition Bulletin. – 2013. – Vol. 34, № 2. – P. 112–123.

16. Isabelle, M. Report on Regulatory status of micronutrient fortification in southeast Asia / M. Isabelle, P. Chan, S. Y. Wijaya. – International Life Sciences Institute Southeast Asia Region Report Series, 2011. – 32 p.

17. Gayer, J. Micronutrient fortification of food in southeast Asia: Recommendations from an expert workshop / J. Gayer, G. Smith // Nutrients. – 2015. – Vol. 7, № 1. – P. 646–658. DOI: https://doi.org/10.3390/nu7010646.

18. Новый штамм *Saccharomyces cerevisiae* A112 для получения биомасс, обогащенных цинком / Н. Т. М. Кхань, Н. Т. Чанг, Л. Д. Мань [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Т. 48, № 4. – С. 114–120. DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-4-114-120.

19. Маюрникова, Л. А. Формирование потребительских предпочтений к новационным продуктам питания в региональных условиях / Л. А. Маюрникова, С. В. Новоселов, Е. Н. Болховитина // Ползуновский вестник. – 2010. – № 4–2. – С. 13–19.

20. Корнен, Н. Н. Методологические подходы к созданию продуктов здорового питания / Н. Н. Корнен, Е. П. Викторова, О. В. Евдокимова // Вопросы питания. – 2015. – Т. 84, № 1. – С. 95–99.

21. Третьяк, Л. Н. Дополнительные требования к качеству и безопасности пищевых продуктов, обогащенных добавками / Л. Н. Третьяк, Д. И. Явкина // Пищевая промышленность. – 2018. – № 5. – С. 18–21.

22. Kinetics of β-carotene degradation under different storage conditions in transgenic Golden Rice® lines / H. Bollinedi, J. Dhakane-Lad, S. Gopala Krishnan [et al.] // Food Chemistry. – 2019. – Vol. 278. – P. 773–779. DOI: https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.11.121.

23. Biofortification of riboflavin and folate in idli batter, based on fermented cereal and pulse, by *Lactococcus lactis* N8 and *Saccharomyces boulardii* SAA655 / S. C. Chandrasekar Rajendran, B. Chamlagain, S. Kariluoto [et al.] // Journal of Applied Microbiology. – 2017. – Vol. 122, № 6. – P. 1663–1671. DOI: https://doi.org/10.1111/jam.13453.

24. Обеспеченность населения России микронутриентами и возможности ее коррекции. Состояние проблемы / В. М. Коденцова, О. А. Вржесинская, Д. В. Рисник [и др.] // Вопросы питания. – 2017. – Т. 86, № 4. – С. 113–124.

25. Герасимов, Г. А. Методологические подходы к созданию продуктов здорового питания / Г. А. Герасимов // Клиническая и экспериментальная тиреоидология. – 2014. – Т. 10, № 4. – С. 5–8. DOI: https://doi.org/10.14341/ket201445-8.

26. Трихина, В. В. Интегрированный метод разработки специализированных продуктов для коррекции питания персонала, работающего во вредных условиях труда / В. В. Трихина, Л. А. Маюрникова, С. В. Новоселов // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии. – 2015. – Т. 3, № 4. – С. 94–106. DOI: https://doi.org/10.14529/food150413.

27. Cost-effectiveness of personalized supplementation with vitamin D-rich dairy products in the prevention of osteoporotic fractures / O. Ethgen, M. Hiligsmann, N. Burlet [et al.] // Osteoporosis International. – 2016. – Vol. 27, № 1. – P. 301–308. DOI: https://doi.org/10.1007/s00198-015-3319-3.

28. Public health impact and economic evaluation of vitamin D-fortified dairy products for fracture prevention in France / M. Hiligsmann, N. Burlet, P. Fardellone [et al.] // Osteoporosis International. – 2017. – Vol. 28, № 3. – P. 833–840. DOI: https://doi.org/10.1007/s00198-016-3786-1.

29. Economic evaluation of vitamin D and calcium food fortification for fracture prevention in Germany / A. Sandmann, M. Amling, F. Barvencik [et al.] // Public Health Nutrition. – 2017. – Vol. 20, № 10. – P. 1874–1883. DOI: https://doi.org/10.1017/S1368980015003171.

30. Does fortification of staple foods improve vitamin D intakes and status of groups at risk of deficiency? A United Kingdom modeling study / R. E. Allen, A. D. Dangour, A. E. Tedstone [et al.] // American Journal of Clinical Nutrition. – 2015. – Vol. 102, № 2. – P. 338–382. DOI: https://doi.org/10.3945/ajcn.115.107409.

31. Food fortification strategy to control micronutrient deficiencies in Tanzania / E. Towo, C. Mgoba, V. Assey [et al.] // European Journal of Nutrition and Food Safety. – 2015. – Vol. 5, № 5. – P. 427–428. DOI: https://doi.org/10.9734/EJNFS/2015/20893.

32. Iodine deficiency in Europe: A continuing public health problem / M. Andersson, B. de Benoist, I. Darnton-Hill [et al.]. – World Health Organization, 2007. – 86 p.

33. World status of monitoring of iodine deficiency disorders control programs / F. Delange, H. Burgi, Z. P. Chen [et al.] // Thyroid. – 2002. – Vol. 12, № 10. – P. 915–924. DOI: https://doi.org/10.1089/105072502761016557.

34. Kelly, F. C. Prevalence and geographical distribution of endemic goiter / F. C. Kelly, W. W. Snedden // Bulletin of the World Health Organization. – 1958. – Vol. 18, № 1–2. – P. 5–173.

35. Delange, F. Iodine deficiency in Europe. A continuing concern / F. Delange, J. T. Dunn, D. Glinoer. – New York : Plenum Press, 1993. – 492 p.

36. Global prevalence of iodine deficiency disorders. – World Health Organization, 1993. – 80 p.

37. Йододефицитные заболевания щитовидной железы в Российской Федерации: современное состояние проблемы. Аналитический обзор публикаций и данных официальной государственной статистики (Росстат) / Г. А. Мельниченко, Е. А. Трошина, Н. М. Платонова [и др.] // Consilium Medicum. – 2019. – Т. 21, № 4. – С. 14–20.

38. Flachowsky, G. Iodine in animal nutrition and Iodine transfer from feed into food of animal origin / G. Flachowsky // Lohmann Information. – 2007. – Vol. 42, № 2. – P. 47–59.

39. Solovyev, N. Selenium and iodine in diabetes mellitus with a focus on the interplay and speciation of the elements / N. Solovyev, F. Vanhaecke, B. Michalke // Journal of Trace Elements in Medicine and Biology. – 2019. – Vol. 56. – P. 69–80. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2019.07.005.

40. NRT1.1B improves selenium concentrations in rice grains by facilitating selenomethinone translocation / L. Zhang, B. Hu, K. Deng [et al.] // Plant Biotechnology Journal. – 2019. – Vol. 17, № 6. – P. 1058–1068. DOI: https://doi.org/10.1111/pbi.13037.

41. Wrobel, J. K. Biological activity of selenium: Revisited / J. K. Wrobel, R. Power, M. Toborek // IUBMB Life. – 2016. – Vol. 68, № 2. – P. 97–105. DOI: https://doi.org/10.1002/iub.1466.

42. Davydenko, N. I. On the possibility to grow high-selenium wheat in the Kuznetsk basin / N. I. Davydenko, L. A. Mayurnikova // Foods and Raw Materials. – 2014. – Vol. 2, № 1. – P. 3–10. DOI: https://doi.org/10.12737/4089.

43. Selenium biofortification of agricultural crops and effects on plant nutrients and bioactive compounds important for human health and disease prevention – a review / R. Newman, N. Waterland, Y. Moon [et al.] // Plant Foods for Human Nutrition. 2019. – Vol. 74, № 4. – P. 449–460. DOI: https://doi.org/10.1007/s11130-019-00769-z.

44. Effects of nationwide addition of selenium to fertilizers on foods, and animal and human health in Finland: From deficiency to optimal selenium status of the population / G. Alfthan, M. Eurola, P. Ekholm [et al.] // Journal of Trace Elements in Medicine and Biology. – 2015. – Vol. 31. – P. 142–147. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2014.04.009.

45. Weekley, C. M. Which form is that? The importance of selenium speciation and metabolism in the prevention and treatment of disease / C. M. Weekley, H. H. Harris // Chemical Society Reviews. – 2013. – Vol. 42, № 23. – P. 8870–8894. DOI: https://doi.org/10.1039/c3cs60272a.

46. Selenium: A double-edged sword for defense and offence in cancer / J. Brozmanova, D. Manikova, V. Vlckova [et al.] // Archives of Toxicology. – 2010. – Vol. 84, № 12. – P. 919–938. DOI: https://doi.org/10.1007/s00204-010-0595-8.

47. Selenomethionine: an effective selenium source for sow to improve Se distribution, antioxidant status, and growth performance of pig offspring / X. Zhan, Y. Qie, M. Wang [et al.] // Biological Trace Element Research. – 2011. – Vol. 142, № 3. – P. 481–491. DOI: https://doi.org/10.1007/s12011-010-8817-8.

48. Supplementation with sodium selenite and selenium-enriched microalgae biomass show varying effects on blood enzymes activities, antioxidant response, and accumulation in common barbel (*Barbus barbus*) / A. Kouba, J. Velisek, A. Stara [et al.] // BioMed Research International. – 2014. – Vol. 2014. DOI: https://doi.org/10.1155/2014/408270.

49. Selenium in human health and disease / S. J. Fairweather-Tait, Y. Bao, M. R. Broadley [et al.] // Antioxidants and Redox Signaling. – 2011. – Vol. 14, № 7. – P. 1337–1383. DOI: https://doi.org/10.1089/ars.2010.3275.

50. Rayman, M. P. Selenium and human health / M. P. Rayman // The Lancet. – 2012. – Vol. 379, № 9822. – P. 1256–1268. DOI: https://doi.org/10.1016/S0140-6736(11)61452-9.

51. Щигарцова, В. В. Обогащение селеном продуктов питания / В. В. Щигарцова // Образование и наука без границ: социально-гуманитарные науки. – 2017. – № 6. – С. 249–252.

52. Баженова, Б. А. Паштет, обогащенный селеном / Б. А. Баженова, С. К. Бальжинимаева, М. Б. Данилов // Пищевая промышленность. – 2012. – № 2. – С. 12–14.

53. Цветкова, О. А. Медико-социальные аспекты железодефицитной анемии / О. А. Цветкова // Русский медицинский журнал. – 2009. – Т. 17, № 5. – С. 387–390.

54. Micronutrient fortification of foods. Current practices, research, and opportunities / M. Lotfi, M. G. V. Mannar, R. J. H. M. Merx [et al.]. – The Micronutrient Initiative/ International Agricultural Centre, 1996. – 118 p.

55. Guideline: fortification of rice with vitamins and minerals as a public health strategy. – Geneva : World Health Organization, 2018. – 62 p.

References

1. Zhminchenko VM, Gapparov MMG. Modern trends of research in nutritiology and nutrition hygiene. Problems of Nutrition. 2015;84(1):4–14. (In Russ.).

2. World declaration and plan of action for nutrition. Rome: FAO and WHO; 1992. 50 p.

3. Food fortification: Technology and quality control. Rome: FAO; 1996. 102 p.

4. Pivina L, Semenova Yu, Dosa MD, Dauletyarova M, Bjorklund G. Iron deficiency, cognitive functions, and neurobehavioral disorders in children. Journal of Molecular Neuroscience. 2019;68(1):1–10. DOI: https://doi.org/10.1007/s12031-019-01276-1.

5. Zaitseva NV, May IV, Kiryanov DA, Goryaev DV, Kleyn SV. Social and hygienic monitoring today: state and prospects in conjunction with the risk-based supervision. Health Risk Analysis. 2016;(4):4–16. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.21668/health.risk/2016.4.01.

6. Alpysbayeva ZhT. Social and hygienic monitoring of labor conditions at industrial enterprises. Bulletin of the Karaganda University. Biology, Medicine, Geography Series. 2019;1(93):84–88.

7. Sharuho GV. The use of social and hygienic monitoring system in solution of micronutrient deficiency (by the example of the Tyumen region). Meditsinskaya nauka i obrazovanie Urala [Medical science and education in the Urals]. 2010;11(3)(63):153–155. (In Russ.).

8. Kodentsova VM. Food fortification of mass consumption by vitamins and minerals as a way to improve their nutritional value. Food Industry. 2014;(3):14–18. (In Russ.).

9. Kodentsova VM, Vrzhesinskaya OA. Vitamin-enriched food products in nutrition of children: background, problems and prospects. Pediatric Nutrition. 2012;10(5):31–44. (In Russ.).

10. Vidar M. International legal frameworks for food labelling and consumer rights. In: Albert J, editor. Innovations in food labelling. Cambridge: Woodhead Publishing; 2009. 17–36 p.

11. Allen L, de Benoist B, Dary O, Hurrell R. Guidelines on food fortification with micronutrients. World Health Organization and Food and Agriculture Organization of the United Nations; 2006. 376 p.

12. Sacco J. Food fortification policy in Canada. In: Preedy VR, Srirajaskanthan R, Patel VB, editors. Handbook of food fortification and health. From concepts to public health applications. Volume 1. New York: Humana Press; 2013. 59–71 p. DOI: https://doi.org/10.1007/978-1-4614-7076-2_5.

13. Sablah M, Grant F, Fiedler JL. Food fortification in Africa: Progress to date and priorities moving forward. Sight and Life. 2013;27(3):18–24.

14. Zimbabwe launches national food fortification strategy [Internet]. [cited 2020 Jan 10]. Available from: https://www.afro.who.int/news/zimbabwe-launches-national-food-fortification-strategy.

15. Dijkhuizen MA, Wieringa FT, Soekarjo D, Van KT, Laillou A. Legal framework for food fortification: Examples from Vietnam and Indonesia. Food and Nutrition Bulletin. 2013;34(2):112–123.

16. Isabelle M, Chan P, Wijaya SY. Report on Regulatory status of micronutrient fortification in southeast Asia. International Life Sciences Institute Southeast Asia Region Report Series; 2011. 32 p.

17. Gayer J, Smith G. Micronutrient fortification of food in southeast Asia: Recommendations from an expert workshop. Nutrients. 2015;7(1):646–658. DOI: https://doi.org/10.3390/nu7010646.

18. Khanh NTM, Trang NT, Manh LD, Quang LH. New strain *Saccharomyces cerevisiae* A112 for the production of zinc-fortified biomass. Food Processing: Techniques and Technology. 2018;48(4):114–120. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-4-114-120.

19. Mayurnikova LA, Novoselov SV, Bolkhovitina EN. Formirovanie potrebitel′skikh predpochteniy k novatsionnym produktam pitaniya v regional′nykh usloviyakh [Formation of consumer preferences for innovative food products in regional conditions]. Polzunovsky Vestnik. 2010;(4–2):13–19. (In Russ.).

20. Kornen NN, Viktorova EP, Evdokimova OV. Methodological approaches to the creation of healthy food. Problems of Nutrition. 2015;84(1):95–99. (In Russ.).

21. Tretyak LN, Javkina DI. Additional requirements to quality and safety at choosing additives for food products enrichment. Food Industry. 2018;(5):18–21. (In Russ.).

22. Bollinedi H, Dhakane-Lad J, Gopala Krishnan S, Bhowmick PK, Prabhu KV, Singh NK, et al. Kinetics of β-carotene degradation under different storage conditions in transgenic Golden Rice® lines. Food Chemistry. 2019;278:773–779. DOI: https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.11.121.

23. Chandrasekar Rajendran SC, Chamlagain B, Kariluoto S, Piironen V, Saris PEJ. Biofortification of riboflavin and folate in idli batter, based on fermented cereal and pulse, by *Lactococcus lactis* N8 and *Saccharomyces boulardii* SAA655. Journal of Applied Microbiology. 2017;122(6):1663–1671. DOI: https://doi.org/10.1111/jam.13453.

24. Kodentsova VM, Vrzhesinskaya OA, Risnik DV, Nikityuk DB, Tutelyan VA. Micronutrient status of population of the Russian Federation and possibility of its correction. State of the problem. Problems of Nutrition. 2017;86(4):113–124. (In Russ.).

25. Gerasimov GA. On WHO Guidelines “Fortification of food grade salt with iodine for the prevention and control of iodine deficiency disorders”. Clinical and experimental thyroidology. 2014;10(4):5–8. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.14341/ket201445-8.

26. Trichina VV, Mayurnikova LA, Novoselov SV. The integrated method of development of specialized products for the correction of nutrition of personnel working in hazardous conditions. Bulletin of South Ural State University. Series: Food and Biotechnology. 2015;3(4):94–106. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.14529/food150413.

27. Ethgen O, Hiligsmann M, Burlet N, Reginster J-Y. Cost-effectiveness of personalized supplementation with vitamin D-rich dairy products in the prevention of osteoporotic fractures. Osteoporosis International. 2016;27(1):301–308. DOI: https://doi.org/10.1007/s00198-015-3319-3.

28. Hiligsmann M, Burlet N, Fardellone P, Al-Daghri N, Reginster J. Public health impact and economic evaluation of vitamin D-fortified dairy products for fracture prevention in France. Osteoporosis International. 2017;28(3):833–840. DOI: https://doi.org/10.1007/s00198-016-3786-1.

29. Sandmann A, Amling M, Barvencik F, König H-H, Bleibler F. Economic evaluation of vitamin D and calcium food fortification for fracture prevention in Germany. Public Health Nutrition. 2017;20(10):1874–1883. DOI: https://doi.org/10.1017/S1368980015003171.

30. Allen RE, Dangour AD, Tedstone AE, Chalabi Z. Does fortification of staple foods improve vitamin D intakes and status of groups at risk of deficiency? A United Kingdom modeling study. American Journal of Clinical Nutrition. 2015;102(2):338–382. DOI: https://doi.org/10.3945/ajcn.115.107409.

31. Towo E, Mgoba C, Assey V, Kaishozi G. Food fortification strategy to control micronutrient deficiencies in Tanzania. European Journal of Nutrition and Food Safety. 2015;5(5):427–428. DOI: https://doi.org/10.9734/EJNFS/2015/20893.

32. Andersson M, de Benoist B, Darnton-Hill I, Delange F. Iodine deficiency in Europe: A continuing public health problem. World Health Organization; 2007. 86 p.

33. Delange F, Burgi H, Chen ZP, Dunn JT. World status of monitoring of iodine deficiency disorders control programs. Thyroid. 2002;12(10):915–924. DOI: https://doi.org/10.1089/105072502761016557.

34. Kelly FC, Snedden WW. Prevalence and geographical distribution of endemic goitre. Bulletin of the World Health Organization. 1958;18(1–2):5–173.

35. Delange F, Dunn JT, Glinoer D. Iodine deficiency in Europe. A continuing concern. New York: Plenum Press; 1993. 492 p.

36. Global prevalence of iodine deficiency disorders. World Health Organization; 1993. 80 p.

37. Melnichenko GA, Troshina EA, Platonova NM, Panfilova EA, Rybakova AA, Abdulkhabirova FM, et al. Iodine deficiency thyroid disease in the Russian Federation: the current state of the problem. Analytical review of publications and data of official state statistics (Rosstat). Consilium Medicum. 2019;21(4):14–20 (In Russ.).

38. Flachowsky G. Iodine in animal nutrition and Iodine transfer from feed into food of animal origin. Lohmann Information. 2007;42(2):47–59.

39. Solovyev N, Vanhaecke F, Michalke B. Selenium and iodine in diabetes mellitus with a focus on the interplay and speciation of the elements. Journal of Trace Elements in Medicine and Biology. 2019;56:69–80. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2019.07.005.

40. Zhang L, Hu B, Deng K, Gao X, Sun G, Zhang Z, et al. NRT1.1B improves selenium concentrations in rice grains by facilitating selenomethinone translocation. Plant Biotechnology Journal. 2019;17(6):1058–1068. DOI: https://doi.org/10.1111/pbi.13037.

41. Wrobel JK, Power R, Toborek M. Biological activity of selenium: Revisited. IUBMB Life. 2016;68(2):97–105. DOI: https://doi.org/10.1002/iub.1466.

42. Davydenko NI, Mayurnikova LA. On the possibility to grow high-selenium wheat in the Kuznetsk basin. Foods and Raw Materials. 2014;2(1):3–10. DOI: https://doi.org/10.12737/4089.

43. Newman R, Waterland N, Moon Y, Tou JC. Selenium biofortification of agricultural crops and effects on plant nutrients and bioactive compounds important for human health and disease prevention – a review. Plant Foods for Human Nutrition. 2019;74(4):449–460. DOI: https://doi.org/10.1007/s11130-019-00769-z.

44. Alfthan G, Eurola M, Ekholm P, Venalainen E-R, Root T, Korkalainen K, et al. Effects of nationwide addition of selenium to fertilizers on foods, and animal and human health in Finland: From deficiency to optimal selenium status of the population. Journal of Trace Elements in Medicine and Biology. 2015;31:142–147. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2014.04.009.

45. Weekley CM, Harris HH. Which form is that? The importance of selenium speciation and metabolism in the prevention and treatment of disease. Chemical Society Reviews. 2013;42(23):8870–8894. DOI: https://doi.org/10.1039/c3cs60272a.

46. Brozmanova J, Manikova D, Vlckova V, Chovanec M. Selenium: a double-edged sword for defense and offence in cancer. Archives of Toxicology. 2010;84(12):919–938. DOI: https://doi.org/10.1007/s00204-010-0595-8.

47. Zhan X, Qie Y, Wang M, Li X, Zhao R. Selenomethionine: an effective selenium source for sow to improve Se distribution, antioxidant status, and growth performance of pig offspring. Biological Trace Element Research. 2011;142(3):481–491. DOI: https://doi.org/10.1007/s12011-010-8817-8.

48. Kouba A, Velisek J, Stara A, Masojidek J, Kozak P. Supplementation with sodium selenite and selenium-enriched microalgae biomass show varying effects on blood enzymes activities, antioxidant response, and accumulation in common barbel (*Barbus barbus*). BioMed Research International. 2014;2014. DOI: https://doi.org/10.1155/2014/408270.

49. Fairweather-Tait SJ, Bao Y, Broadley MR, Collings R, Ford D, Hesketh JE, et al. Selenium in human health and disease. Antioxidants and Redox Signaling. 2011;14(7):1337–1383. DOI: https://doi.org/10.1089/ars.2010.3275.

50. Rayman MP. Selenium and human health. The Lancet. 2012;379(9822):1256–1268. DOI: https://doi.org/10.1016/S0140-6736(11)61452-9.

51. Shchigartsova VV. Foodstuffs enrichment with selenium. Obrazovanie i nauka bez granits: sotsial′no-gumanitarnye nauki [Education and science without borders: social sciences and humanities]. 2017;(6):249–252. (In Russ.).

52. Bazhenova BA, Balzhinimaeva SK, Danilov MB. Selenium enriched pate. Food Industry. 2012;(2):12–14. (In Russ.).

53. Tsvetkova OA. Mediko-sotsial′nye aspekty zhelezodefitsitnoy anemii [Medical and social aspects of iron deficiency anemia]. Russian Medical Journal. 2009;17(5):387–390. (In Russ.).

54. Lotfi M, Mannar MGV, Merx RJHM, Naber-van den Heuvel P. Micronutrient fortification of foods. Current practices, research, and opportunities. The Micronutrient Initiative/ International Agricultural Centre; 1996. 118 p.

55. Guideline: fortification of rice with vitamins and minerals as a public health strategy. Geneva: World Health Organization; 2018. 62 p.

Сведения об авторах

Маюрникова Лариса Александровна
д-р. техн. наук, профессор, заведующая кафедрой технологии и организации общественного питания, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: +7 (3842) 39-68-56, e-mail: nir30@mail.ru
https://orcid.org/0000-0003-4592-8382

Кокшаров Аркадий Андреевич
канд. техн. наук, доцент кафедры технологии и организации общественного питания, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: +7 (3842) 39-68-56, e-mail: koksharov.arkadiy@mail.ru
https://orcid.org/0000-0002-2782-5833

Крапива Татьяна Валерьевна
канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры технологии и организации общественного питания, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: +7 (3842) 39-68-56, e-mail: t.krapiva@mail.ru
https://orcid.org/0000-0002-9441-8744

Information about the authors

Larisa A. Mayurnikova
Dr.Sci.(Eng.), Professor, Head of the Department of Technology and Organization of Public Catering, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-56, e-mail: nir30@mail.ru
https://orcid.org/0000-0003-4592-8382

Arkadiy A. Koksharov
Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor of the Department of Technology and Organization of Public Catering, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: (3842) 39-68-56, e-mail: koksharov.arkadiy@mail.ru
https://orcid.org/0000-0002-2782-5833

Tatyana V. Krapiva
Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Technology and Organization of Public Catering, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-56, e-mail: t.krapiva@mail.ru
https://orcid.org/0000-0002-9441-8744

Новоселов Сергей Владимирович
д-р. техн. наук, доцент, профессор кафедры механики и инноватики, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова», 656038, Россия, г. Барнаул, пр. Ленина, 46, тел.: +7 (906) 942-49-15, e-mail: novoselov_sv@mail.ru
https://orcid.org/0000-0002-8247-2356

Sergey V. Novoselov
Dr.Sci.(Eng.), Associate Professor, Professor of the Department of Mechanics and Innovation, Polzunov Altai State Technical Unoversity, 46, Lenina Ave., Barnaul, 656038, Russia, phone: +7 (906) 942-49-15, e-mail: novoselov_sv@mail.ru
https://orcid.org/0000-0002-8247-2356