

УДК 82-95+616-053.2/8-056.52-007.21+661.691+549.232+546.15+661.47+641.1  
DOI: 10.56871/МНСО.2022.44.59.012

## ВЛИЯНИЕ СЕЛЕНОВОГО СТАТУСА НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА (ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР)

© *Гузель Мансуровна Мухутдинова, Елена Геннадьевна Гомзина, Алмас Азгарович Имамов*

Казанский государственный медицинский университет. 420012, Российская Федерация, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Бутлерова, д. 49

**Контактная информация:** Гузель Мансуровна Мухутдинова — ассистент кафедры профилактической медицины и экологии человека. E-mail: guzman76@mail.ru

**Для цитирования:** Мухутдинова Г.М., Гомзина Е.Г., Имамов А.А. Влияние селенового статуса на организм человека (литературный обзор) // Медицина и организация здравоохранения. 2022. Т. 7. № 4. С. 126–135. DOI: <https://doi.org/10.56871/МНСО.2022.44.59.012>

Поступила: 26.09.2022

Одобрена: 30.11.2022

Принята к печати: 22.12.2022

**РЕЗЮМЕ.** Дефицит питательных микроэлементов является признанной проблемой глобального общественного здравоохранения, а плохое питание предрасполагает к формированию заболеваний. По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), здоровье человека на 50% зависит от образа жизни, в основном от качества питания, на 10% влияет организация медицинской помощи, на 15% — наследственность и на 25% — факторы окружающей среды. По данным института питания РАМН, каждый второй ребенок, живущий на территории РФ, имеет одно или несколько хронических заболеваний, а среди взрослых преобладают неинфекционные хронические заболевания, такие как ожирение, сахарный диабет и сердечно-сосудистые патологии. Основной причиной является неправильное и несбалансированное питание. У детей преобладает дефицит таких микроэлементов, как селен, цинк и йод. Результаты широкомасштабных исследований элементного статуса населения России, в том числе Республики Татарстан, в рамках Федеральной целевой программы «Национальная система химической и биологической безопасности Российской Федерации (2010–2014 гг., 2015–2020 гг.)», региональной программы Республики Татарстан, указывают на неудовлетворительную обеспеченность эссенциальными микроэлементами среди населения, в частности селеном до 80%. Потребность в жизненно важных пищевых веществах, в частности в микронутриентах, в современных условиях меняется в зависимости от возраста, сезона, физической активности. Из обычных натуральных продуктов современный рацион не может обеспечить достаточный уровень потребления микронутриентов, которые играют важную роль в различных обменных процессах организма. Для коррекции дефицита селена в рационе предложена сезонная фортификация путем обогащения пищевых продуктов селеном и йодом одновременно, так как данные микроэлементы функционально тесно взаимосвязаны. Учитывая высокую биологическую значимость селена, а также геохимические особенности территории проживания, необходимо увеличить ассортимент производимой обогащенной данным микроэлементом пищевой продукции, дефицит которого распространен и опасен для здоровья.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** селен; йод; взрослое население; детское население; ожирение; обогащенные продукты.

## THE EFFECT OF SELENIUM STATUS ON THE HUMAN BODY (LITERARY REVIEW)

© *Guzel M. Muhutdinova, Elena G. Gomsina, Almas A. Imamov*

Kazan State Medical University. Butlerova 49, Kazan, Republic of Tatarstan, Russian Federation, 420012

**Contact information:** Guzel M. Muhutdinova — Assistant of the Department of Preventive Medicine and Human Ecology.  
E-mail: guzman76@mail.ru

**For citation:** Muhutdinova GM, Gomsina EG, Imamov AA. The effect of selenium status on the human body (literary review) // *Medicine and health care organization (St. Petersburg)*. 2022;7(4):126-135. DOI: <https://doi.org/10.56871/MHCO.2022.44.59.012>

Received: 26.09.2022

Revised: 30.11.2022

Accepted: 22.12.2022

**ABSTRACT.** Micronutrient deficiency is a recognized global public health problem, and poor nutrition predisposes to the formation of diseases. According to the World Health Organization (WHO), human health depends on lifestyle by 50%, mainly on the quality of nutrition, the organization of medical care affects 10%, heredity affects 15% and environmental factors affect 25%. According to the Institute of Nutrition of the Russian Academy of Medical Sciences, every second child living in the territory of the Russian Federation has one or more chronic diseases, and non-communicable chronic diseases such as obesity, diabetes mellitus and cardiovascular pathologies prevail among adults. Children have a predominant deficiency of trace elements selenium, zinc and iodine. The results of large-scale studies of the elemental status of the population of Russia, including the Republic of Tatarstan, within the framework of the Federal Target Program “National System of Chemical and Biological Safety of the Russian Federation (2010–2014, 2015–2020)”, the regional program of the Republic of Tatarstan, indicate an unsatisfactory supply of essential trace elements among the population, in particular selenium up to 80%. The need for vital nutrients, in particular, micronutrients in modern conditions varies depending on age, season, physical activity. Modern diet cannot provide a sufficient level of consumption of micronutrients, which play an important role in various metabolic processes only from ordinary natural products. To correct selenium deficiency in the diet, seasonal fortification is proposed by enriching food products with selenium and iodine simultaneously, since these trace elements are functionally closely inter-related. Taking into account the high biological significance of selenium, as well as the geochemical features of the territory of residence, it is necessary to increase the range of food products enriched with this trace element, the deficiency of which is widespread and dangerous to health.

**KEY WORDS:** selenium; iodine; adult population; children’s population; obesity; fortified foods.

## ВВЕДЕНИЕ

Профилактике ряда различных неинфекционных заболеваний (НИЗ) способствует здоровое питание в течение всей жизни. В свою очередь, рост производства переработанных продуктов, изменяющийся образ жизни и быстрая урбанизация привели к негативному изменению пищевого поведения населения. В настоящее время как взрослые, так и дети потребляют большое количество продуктов с высоким содержанием калорий, в том числе жиров, свободных сахаров и соли/натрия. Большинство из них не включают в свой рацион питания достаточное количество фруктов, овощей и клетчатки в виде цельных злаков.

Дефицит питательных микроэлементов является признанной проблемой глобального общественного здравоохранения, а плохое питание предрасполагает к формированию заболеваний. По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), здоровье человека на 50% зависит от образа жизни, в основном от качества питания, на 10% влияет организация медицинской помощи, на 15% — наследственность и на 25% — факторы окружающей среды.

Стало очевидным, что необходимо предпринять стратегические меры в сфере производства пищевых продуктов и питания. В этой связи Организацией объединенных наций (ООН) были приняты Цели в области устойчивого развития вопросов здорового питания, а также период 2016–2025 гг. объявлен Десятилетием действий ООН по проблемам питания [7].

Пандемия COVID-19, которая стремительно распространялась по всему миру с конца 2019 г., оказала глубокое воздействие на положение в области продовольственной безопасности и питания. Наблюдаемый кризис затронул продовольственные системы и в силу целого ряда причин поставил под угрозу доступ людей к продовольствию. Ведь полноценное питание имеет основополагающее значение для поддержки иммунной системы человека и снижения риска инфекций [11, 13, 14].

Хорошо известно, что малообеспеченные люди с нарушенным питанием подвержены более высокому риску инфицирования из-за дефицита макро- и микронутриентов [39].

Недостаточное поступление эссенциальных микроэлементов, таких как селен и йод, с пищевыми продуктами и питьевой водой, может

способствовать снижению рождаемости и увеличению смертности от заболеваний, связанных с нарушением питания, которое становится актуальной проблемой для всех. По данным института питания Российской академии медицинских наук (РАМН), каждый второй ребенок, живущий на территории РФ, имеет одно или несколько хронических заболеваний, основной причиной которых является неправильное и несбалансированное питание. У детей преобладает дефицит таких микроэлементов, как селен, цинк и йод [10].

Современные знания о влиянии питания на обменные процессы и иммунную систему теперь выходят за рамки клинического недостатка питательных веществ. Обзор как зарубежной, так и отечественной литературы демонстрирует преимущества потребления в рационах определенных микроэлементов [3, 9, 24, 31, 36].

Одно из перспективных направлений в современной медицине — изучение «элементного» портрета различных возрастных групп населения с целью выявления групп риска по элементам для дальнейшей разработки и своевременного внедрения профилактических мер, направленных на восстановление биохимических и физиологических функций организма, связанных с нарушением гомеостаза микроэлементов [13].

Результаты последних широкомасштабных исследований элементного статуса населения России, в том числе Республики Татарстан, в рамках Федеральной целевой программы «Национальная система химической и биологической безопасности Российской Федерации (2010–2014 гг., 2015–2020 гг.)», региональной программы Республики Татарстан, указывают на неудовлетворительную обеспеченность населения эссенциальными микроэлементами среди населения, в частности селеном до 80% [1, 33].

Селен относится к 6-й группе элементов периодической системы Д.И. Менделеева, имеет атомный номер 34, в земной коре его содержание составляет  $5 \times 10^{-6}\%$ . Предельно допустимая концентрация в питьевой воде — 1 мкг/л. Как химический элемент впервые он был открыт в 1817 г. шведским химиком Й.Я. Берцелиусом, который предложил назвать его Selenium с символом Se, от греческого  $\sigma\epsilon\lambda\eta\nu\eta$  — Луна [8, 12]. Спустя 200 лет после его первого описания, в течение которых селен считался ядом по причине проявления токсических свойств, роль и актуальность Se в здоровье человека начинает признаваться [40]. В прошлом селен даже счи-

тался канцерогеном, а в 1957 г. немецкие ученые Schwarz и Foltz сообщили о его гепатопротекторном эффекте, и теперь он признан жизненно важным питательным веществом [8, 12]. Philip J. White и Martin R. Broadley установили, что селен относится к группе дефицитных элементов (Fe, Ca, Mg, I, Se, Zn, Cu) пищевого рациона, недостаток которых наиболее распространен среди жителей планеты [12, 46]. При этом было установлено, что количество селена в пищевом продукте растительного или животного происхождения зависит от геохимических условий проживания, что было отмечено в работах Е.А. Трошиной и соавт. [12]. ВОЗ рекомендует ежедневную дозу селена на уровне 55–70 мкг для взрослых, 10–50 мкг для детей, максимальную суточную — 300 мкг [6].

Эссенциальный микроэлемент селен играет немаловажную биологическую роль в организме:

- препятствует развитию опухолевых процессов и преждевременному старению организма (нейтрализует и выводит ксенобиотики, активирует витамин E) [13];
- поддерживает баланс восстановления и окисления клеток [6, 8];
- усиливает иммунореактивность организма (усиление клональной экспансии Т-клеток, ускорение развития цитотоксичности лимфоцитов для уничтожения опухолевых клеток, повышает активность естественных киллерных (NK)-клеток) [3];
- снижает риск развития сердечно-сосудистых заболеваний (активирует фермент цитохромоксидазу, образует кофермент Q10 в дыхательной цепи синтеза АТФ клеток, нейтрализует токсины) [3, 13];
- стимулирует обменные процессы в организме [13];
- участвует в преобразовании жирорастворимых продуктов распада в водорастворимые, способствуя выведению последних из организма [3];
- стимулирует репродуктивную функцию (содержится в сперматозоидах) [13];
- участвует в регуляции работы эндокринной системы (селенозависимые ферменты продуцируют активный гормон щитовидной железы  $T_3$  из неактивного  $T_4$ ) [12, 13, 36];
- уменьшает остроту воспалительных процессов [6, 12].

В кратком изложении доклада постоянного комитета Системы Организации объединенных наций по питанию (UNSCN) «Неинфекционные заболевания, диеты и питание» от 2018 г. отмечено, что формирование НИЗ в глобальном

масштабе обусловлено, в частности, несбалансированным рационом питания, являющимся одним из шести главных факторов риска. Рационы питания, в которых мало фруктов, овощей, орехов, семян, цельного зерна, пищевых источников полиненасыщенных жирных кислот, но много натрия, способствуют росту НИЗ [44].

Ведущие ученые во всем мире признают наличие тесной взаимосвязи между неполноценным питанием, рационом питания и НИЗ. В этой связи четыре добровольных целевых показателя ВОЗ из девяти по профилактике НИЗ и борьбе с ними связаны с питанием или рационами питания:

- сокращение на четверть преждевременной смертности от сердечно-сосудистых, онкологических, хронических респираторных заболеваний и диабета;
- относительное сокращение на треть потребления населением соли/натрия;
- снижение роста числа случаев заболеваемости диабетом и ожирением;
- относительное сокращение на 10% показателей недостаточной физической активности [4].

Последний показатель не связан с рационами питания напрямую, однако он определяет энергетический баланс, что, в свою очередь, оказывает опосредованное влияние на обменные процессы. При переходе к другим моделям питания нельзя не учитывать факторы физической активности. Так, рост показателей избыточной массы тела и ожирения в мире является следствием изменения структуры питания (роста потребления пищевых продуктов с высоким содержанием жиров, сахара и/или соли и с низким содержанием клетчатки и микроэлементов) в сочетании со снижением физической активности (часто в результате урбанизации и распространения малоподвижного характера работы) [35, 44].

Поскольку показатели избыточной массы тела и ожирения среди школьников растут быстрыми темпами, возрастает необходимость внедрения фортифицированных необходимыми микроэлементами пищевых продуктов в школах, так как эта группа населения является потенциальным носителем здорового образа жизни и здорового питания. Школы, как система, способны сыграть важную роль в качестве объекта приложения усилий развития нескольких важных секторов с целью улучшения питания и, соответственно, здоровья учеников [44, 47].

Усилия правительств и учреждений системы ООН направлены на сокращение масштабов неполноценного питания с учетом осуществле-

ния мер двойного действия [28]. Это мероприятия, программы и меры политики, с помощью которых можно одновременно решать проблемы недоедания, избыточной массы тела, ожирения и связанных с рационом питания НИЗ [26, 44].

К мерам двойного действия относятся программы: прикорма детей младенческого и ясельного возраста, питания матерей и дородовой уход, обеспечение продовольствием школ и школьное питание, которые являются составными элементами подхода, учитывающего особенности разных периодов жизни человека, поэтому их уместно и необходимо внедрять в различных социальных группах. Закрепление этих мер в национальных диетологических рекомендациях по потреблению пищевых продуктов и включение их в законодательные акты способствуют защите прав на качественное питание и достижению максимально возможного уровня здоровья [20, 22, 44].

Одним из ведущих факторов риска для здоровья населения во всем мире является метаболический синдром (МС) и рост его распространенности, которая приобретает черты пандемии как в промышленно развитых, так и в развивающихся странах [16, 45]. МС представляет собой совокупность взаимосвязанных фенотипических признаков, включающих широкий спектр метаболических расстройств — нарушение углеводного, липидного, пуринового обмена и др. [21, 32, 44].

Одним из клинических признаков МС является ожирение. Ожирение не только ухудшает качество жизни человека, но также способствует росту хронических неинфекционных заболеваний (ХНИЗ) и, как следствие, приводит к увеличению показателей заболеваемости и смертности [25, 43].

Известно, что ожирение связано с состоянием хронического воспаления низкого класса, а некоторые исследования показали, что концентрация в крови селена (Se) обратно коррелирует с ожирением, делая дефицит Se возможным маркером ожирения [19, 27]. Более того, депрессия также описывается как воспалительное состояние, подобное ожирению, с которым она часто ассоциируется [41].

При ожирении, вызванном диетой, уровни лептина повышаются из-за резистентности к лептину, состояния, вызванного активацией воспалительного пути системного окислительного стресса, расстройством, также связанное с ожирением и воспалением [30].

Для снижения системного окислительного стресса нужна система перевода веществ из жирорастворимого в водорастворимое состояние

с одновременным лишением токсических свойств, через взаимодействие цитохромных ферментов и активных форм кислорода, перекиси жиров, с включением в антиоксидантную систему селена. Вся система удаления из организма чужеродных и ненужных веществ построена на работе с водорастворимыми соединениями и выделении их с мочой, потом, а также через кишечник и легкие. Поскольку подавляющее большинство ксенобиотиков и недоокисленных продуктов обмена веществ растворяется только в жирах, то перевод их в водорастворимое состояние при участии селена необходим для детоксикации организма, что отражено в работах Л.П. Волкотруб [3].

Ассоциированные с ожирением состояния, в том числе инсулинорезистентность (ИР) и нарушения углеводного обмена, заметно повышают риск развития сердечно-сосудистых катастроф и снижают продолжительность жизни [2]. Как манифестный, так и субклинический гипотиреоз (СГ) приводит к некоторому повышению массы тела за счет снижения основного обмена на 35–45%, уменьшения расходов энергетических субстратов и термогенеза, замедления гломерулярной фильтрации, тубулярной реабсорбции и секреции, что приводит к задержке жидкости [2, 5].

Активно изучается вклад СГ (уровень тиреотропного гормона (ТТГ) повышен: 4,0–9,99 мМЕ/л) в патогенез ожирения и ИР [2]. Известно, что тиреоидные гормоны опосредуют процессы периферической утилизации глюкозы за счет транслокации GLUT геномным и негеномным путем. В этой связи гипотиреоз ассоциирован с формированием процессов ИР [2, 34]. Повышение уровня тиреоидных гормонов при тиреотоксикозе приводит к повышению абсорбции глюкозы в желудочно-кишечном тракте, усилению глюконеогенеза и гликогенолиза, повышению выброса глюкозы печенью, что, в свою очередь, вызывает гипергликемию, гиперинсулинемию и ИР [15, 37].

В последнее время наблюдается повышенный интерес к выяснению связи между функцией щитовидной железы и МС, поскольку тиреоидные гормоны контролируют метаболический и энергетический гомеостаз, влияют на массу тела, термогенез, липолиз и метаболизм холестерина. МС и дисфункция щитовидной железы являются распространенными вариантами метаболических и эндокринных заболеваний и часто наблюдаются одновременно [18].

При избыточном или недостаточном поступлении селена и йода в организм человека начинают действовать механизмы адаптации, в

связи с чем дисбаланс микроэлемента оказывает влияние на функционирование многих органов и систем организма человека [8].

Селен — незаменимый микронутриент в форме аминокислоты селеноцистеина в селенопротеинах (контроль пролиферации и регенерации клеток). Поддерживая баланс восстановления и окисления клеток, способствует превращению тироксина ( $T_4$ ) в трийодтиронин ( $T_3$ ), обеспечивающего эффекты йода в организме [6].

Известно, что селенозависимые ферменты — глутатионпероксидаза (GPX) и тиоредоксинредуктаза (TRX) обладают мощными антиоксидантными свойствами и образуют сложную систему защиты тироцитов и клеток других органов от окислительного повреждения [17].

Se участвует в образовании активного центра ряда селеносодержащих белков, которые называются селенопротеинами: GPX, йодтирониндейодиназ (ID) и селенопротеин P (SeIP) [13].

Способность добавок селена снижать риски возникновения заболеваний была отмечена в работах M.I. Jackson, G.F. Combs во многих моделях на людях или животных [29]. В отличие от других микроэлементов, которые действуют как кофакторы, селен ковалентно связан с органическими молекулами [24, 31].

По данным исследований зарубежных ученых, опубликованных в 2018–2019 гг., большинство полезных эффектов селена связано с его включением в виде селеноцистеина в основную группу белков, которые называются селенопротеинами. Селеноцистеин — 21-я протеиногенная аминокислота и кодируется генетическим кодом (UGA-кодоном), который обычно является сигналом для прекращения синтеза белка и котрансляционно включается в белки с помощью специфической транспортной РНК [24, 31].

GPX1 (сGPX) присутствует во всех клетках организма млекопитающих. Фермент служит в качестве антиоксиданта, восстанавливает гидроперекиси в присутствии восстановленного глутатиона (GSH), а также используется организмом как селеновое депо [12].

GPX2 (GPX-GI) обнаружена только в эпителии желудочно-кишечного тракта. Структура фермента имеет сходство с GPX1, однако антитела к GPX-GI не взаимодействуют с GPX. Синтез GPX2 происходит в печени и ободочной кишке, что определяет ее участие в первичной защите от оксидантов, поступающих с пищей.

GPX3 (pGPX) — межклеточный (плазмемный) гликопротеин, восстанавливает свободные и этерифицированные гидроперекиси и перекиси жирно-кислотных остатков фосфоли-

пидов в присутствии GSH. Является единственной пероксидазой среди других, выполняющей восстановление гидроперекисей жирно-кислотных остатков фосфолипидов без предварительного гидролиза фосфолипазой А [12].

В.А. Тутельяном и соавт. подробно освещены вопросы участия ID в превращении  $T_4$  в  $T_3$ . ID — группа из трех оксидоредуктаз (селенозависимых ферментов), регулирующих активность тироксина. Остаток Se расположен в активном центре каждого фермента и участвует в переносе йода. Каждая йодиназа представляет собой мембранный белок, содержащий гидрофобную аминокислотную последовательность на N-конце белковой цепи [13].

Нарушение функции ферментов данной группы может привести к формированию некоторых форм зоба, развитию гипотиреоза, включая снижение когнитивных функций и привычное невынашивание беременности [12].

Использование селена в пищевых продуктах приводит к изменению метаболизма в организме человека и снижению неинфекционных заболеваний за счет антиоксидантного эффекта, активации витаминов и др. [42].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время активно изучаются возможности изменения пищевого поведения посредством расширения доступа населения к отечественным пищевым продуктам, обогащенным необходимыми микронутриентами, в том числе селеном. Значительную роль селен играет в поддержании гомеостаза человеческого тела, в улучшении основного и жирового обмена, в увеличении ожидаемой продолжительности жизни.

С целью профилактики различных инфекционных и неинфекционных заболеваний вопрос о добавлении селена все еще остается открытым и требует дальнейших исследований. Многообещающие результаты клинических испытаний, опубликованных в отечественной и зарубежной литературе, позволяют рассмотреть возможность использования пищевых добавок с селеном. Хорошим источником этого микроэлемента в рационе могут быть продукты ежедневного спроса (молочные или хлебные изделия), обогащенные селеном, как инновационные продукты, адаптированные к потребностям населения.

Представленный литературный обзор позволяет сделать вывод о том, что селен может оказаться одним из самых привлекательных микроэлементов, доказавших свою протектив-

ную роль против токсических эффектов, полученных вследствие действия стресса и неблагоприятных факторов окружающей среды.

Удовлетворение физиологических потребностей организма с одновременным добавлением дефицитных элементов может стать эффективным инструментом в борьбе за здоровье.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

**Вклад авторов.** Все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией.

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

**Источник финансирования.** Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

**Информированное согласие на публикацию.** Авторы получили письменное согласие пациентов на публикацию медицинских данных.

## ADDITIONAL INFORMATION

**Author contribution.** Thereby, all authors made a substantial contribution to the conception of the study, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the article, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the study.

**Competing interests.** The authors declare that they have no competing interests.

**Funding source.** This study was not supported by any external sources of funding.

**Consent for publication.** Written consent was obtained from the patient for publication of relevant medical information within the manuscript.

## ЛИТЕРАТУРА:

- Афтанас Л.И. Элементный статус населения России. Часть 4. Элементный статус населения Приволжского и Уральского федеральных округов. СПб.: Медкнига ЭЛБИ-СПб.; 2013.
- Волкова А.Р., Фишман М.Б., Семикова Г.В. Тиреотропный гормон, лептин и показатели инсулинорезистентности у пациентов с ожирением после бариатрических вмешательств. Ожирение и метаболизм. 2020; 17(2): 187–192. DOI: 10.14341/omet11887.
- Волкотруб Л.П., Андропова Т.В. Роль селена в развитии и предупреждении заболеваний (обзор). Гигиена и санитария. 2001; 3: 57–61.
- Глобальный доклад по диабету. Женева: Всемирная организация здравоохранения; 2018. Доступно по: <http://apps.who.int/iris> (дата обращения 27.05.2022).

5. Захарова С.М., Савельева Л.В., Фадеева М.И. Ожирение и гипотиреоз. Ожирение и метаболизм. 2013; 10(2): 54–8. DOI: 10.14341/2071-8713-4826.
6. Мухутдинова Г.М., Гомзина Е.Г., Имамов А.А. Влияние селенового статуса на иммунный ответ при вирусных инфекциях (по данным литературного обзора). В кн.: Материалы II Национального конгресса с международным участием «Сысинские чтения-2021». М.; 2021: 293–6. Доступно по: <https://www.cspfmba.ru/wp-content/uploads/2021/11>. (дата обращения 27.05.2022).
7. ООН. Десятилетие действий Организации Объединенных Наций по проблемам питания (2016–2025 гг.). Доступно по: <https://documents-dds-ny.un.org/doc/UNDOC/GEN/N16/093/08/PDF/N1609308.pdf> (дата обращения 27.05.2022).
8. Панченко Л.Ф., Маев И.В., Гуревич Г.К. Клиническая биохимия микроэлементов. М.: ГОУ ВУНМЦ МЗ РФ; 2004.
9. Скальный А.В. Оценка и коррекция элементного статуса населения — перспективное направление отечественного здравоохранения и экологического мониторинга. Микроэлементы в медицине. 2019; 1: 5–13.
10. Скальный А.В., Киселев М.Ф., ред. Элементный статус населения России. В 5 томах. СПб.: Медкнига ЭЛБИ-СПб; 2010–2014.
11. Такахата Ю., Номура А., Такада Х. и др. CD25+CD4+T-клетки в пуповинной крови человека: иммунорегуляторная подгруппа с наивным фенотипом и специфической экспрессией гена p3 (Foxp3) бокса вилки. Экспериментальная гематология. 2004; 32(7): 622–9. DOI: 10.1016/j.exph.2004.03.012.
12. Трошина Е.А., Сеньюшкина Е.С., Терехова М.А. Роль селена в патогенезе заболеваний щитовидной железы. Клиническая и экспериментальная тиреологическая. 2018; 14(4): 192–205. DOI: org/10.14341/ket10157.
13. Тутельян В.А., Княжев С.А., Голубкина Н.А. и др. Селен в организме человека: метаболизм, антиоксидантные свойства, роль в канцерогенезе. М.: РАМН; 2002.
14. ФАО. 2020. Влияние COVID-19 на продовольственную безопасность и питание: разработка эффективных политических мер по борьбе с пандемией голода и неполноценного питания. Доступен по: <https://doi.org/10.4060/cb1000ru>. (дата обращения 27.05.2022).
15. Шпаков А.О. Взаимосвязь между нарушениями функций тиреоидной системы и сахарным диабетом 2-го типа. Трансляционная медицина. 2017; 4(2): 29–39.
16. Adegoke O.A., Adedoyin R.A., Balogun M.O. et al. Prevalence of metabolic syndrome in a rural community in Nigeria. *Metab. Syndr. and Metab.* 2010; 8(1): 59–62.
17. Avery J., Hoffmann P. Selenium, selenoproteins, and immunity. *Nutrients.* 2018; 10: 1203. DOI: 10.3390/nu10091203.
18. Bandurska-Stankiewicz E. Thyroid hormones — obesity and metabolic syndrome: Proceedings of the 4th Congress of the Polish Thyroid Association. *Thyroid Res.* 2013; 6(2): A5. DOI: org/10.1186/1756-6614-6-s2-a5.
19. Beckett G.J., Arthur J.R. Selenium and endocrine systems. *J. Endocrinol.* 2005; 184(3): 455–65. DOI: 10.1677/joe.1.05971.
20. Chowdhury R., Sinha B., Sankar M.J. et al. Breastfeeding and maternal health outcomes: a systematic review and meta-analysis. *Acta Paediatr.* 2015; 104(467): 96–113. DOI: 10.1111/apa.13102.
21. Donma M.M., Donma O. Promising link between selenium and peroxisome proliferator activated receptor gamma in the treatment protocols of obesity as well as depression. *Med Hypotheses.* 2016; 89: 79–83. DOI: 10.1016/j.mehy.2016.02.008.
22. Fanzo J., Rudie C., Sigman I. et al. Sustainable food systems and nutrition in the 21st century: a report from the 22<sup>nd</sup> annual Harvard Nutrition Obesity Symposium. *The American Journal of Clinical Nutrition.* 2022; 115(1): 18–33. DOI: 10.1093/ajcn/nqab315.
23. Gosney M.A., Hammond M.F., Shenkin A., Allsup S. Effect of Micronutrient Supplementation on Mood in Nursing Home Residents. *Gerontology.* 2008; 54: 292–9. DOI: 10.1159/000131886.
24. Guillin O.M., Vindry C., Ohlmann T., Laurent Chavatte. Selenium, selenoproteins and viral infection. *Nutrients.* 2019; 11: 2101. Available from: <http://propionix.ru/selen-selenoproteiny-i-virusnaya-infekciya>. (accessed 27.05.2022). DOI: 10.3390/nu11092101.
25. Halford J.C. Pharmacology of appetite suppression: implication for the treatment of obesity. *Curr Drug Targets.* 2001; 2(4): 353–70. DOI: 10.2174/1389450013348209.
26. Horta B.L., Loret de Mola C., Victora C.G. Long-term consequences of breastfeeding on cholesterol, obesity, systolic blood pressure and type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis. *Acta Paediatr.* 2015; 104(467): 30–7. DOI: 10.1111/apa.13133.
27. Hosseini B., Saedisomeolia A., Allman-Farinelli M. Association Between Antioxidant Intake, Status and Obesity: a Systematic Review of Observational Studies. *Biol Trace Elem Res.* 2017; 175: 287–97. DOI: 10.1007/s12011-016-0785-1.
28. Hunter D., Giyose B., Polo Galante A.F. et al. Schools as a system to improve nutrition: A new statement for school-based food and nutrition interventions. 2017. UNSCN Discussion Paper. Available at: <https://www.unscn.org/uploads/web/news/document/School-Paper-EN-WEB.pdf>15 (accessed 27.05.2022).
29. Jackson M.I.; Combs G.F. Selenium as a Cancer Preventive Agent. In: *Selenium: Its Molecular Biology and Role in Human Health*, 3rd ed. Hatfield D.L., Berry M.J., Gladyshev V.N., Eds. New York; 2012: 313–23.
30. Kaur J.A. Comprehensive review on metabolic syndrome. *Cardiol. Res. Pract.* 2014; 7: 943162. DOI: 10.1155/2014/943162.
31. Kiełczykowska M., Kocot J., Paździor M., Musik I. Selenium — a fascinating antioxidant of protective proper-

- ties. *Advances in Clinical and Experimental Medicine*. 2018; 27(2): 245–25.
32. Leon-Cabrera S., Solís-Lozano L., Suárez-Álvarez K. et al. Hyperleptinemia is associated with parameters of low-grade systemic inflammation and metabolic dysfunction in obese human beings. *Front Integr Neurosci*. 2013; 7: 62. DOI: 10.3389/fnint.2013.00062.
33. Mukhutdinova G.M., Gomzina E.G., Imamov A.A., Medvedeva I.V. The influence of iodine and selenium on the metabolism of teenagers of leninogorsk district of the Republic of Tatarstan (Russia). *Danish Scientific Journal (DSJ)*, 2020; 39: 19–24.
34. Oh J.Y., Sung Y.A., Lee H.J. Elevated thyroid stimulating hormone levels are associated with metabolic syndrome in euthyroid young women. *Korean J Intern Med*. 2013; 28(2): 180–6. DOI: 10.3904/kjim.2013.28.2.180.
35. Popkin B.M., Adair L.S., Ng S.W. Global nutrition transition and the pandemic of obesity in developing countries. *Nutr Rev*. 2012; 70(1): 3–21. DOI: 10.1111/j.1753-4887.2011.00456.x.
36. Rayman M.P. The Importance of Selenium to Human Health. *Lancet*. 2000; 356: 233–41. DOI: 10.1016/S0140-6736(00)02490-9.
37. Ren R., Ma Y., Deng F. et al. Association between serum TSH levels and metabolic components in euthyroid subjects: a nationwide population-based study. *Diabetes Metab Syndr Obes*. 2019; 12: 1563–9. DOI: 10.2147/DMSO.S202769.
38. Sáinz N., Barretxe J., Moreno-Aliaga M.J., Martínez J.A. Leptin resistance and diet-induced obesity: central and peripheral actions of leptin. *Metabolism*. 2015; 64(1): 35–46. DOI: 10.1016/j.metabol.2014.10.015.
39. Schaible U.E., Kaufmann S.H.E. Malnutrition and Infection: Complex Mechanisms and Global Impacts. *Plos Medicine*. 2007; 4 (5):0806-0812. DOI: 10.1371/journal.pmed.0040115.g001.
40. Schrauzer G.N., Surai P.F. Selenium in human and animal nutrition: Resolved and unresolved issues. A partly historical treatise in commemoration of the fiftieth anniversary of the discovery of the biological essentiality of selenium, dedicated to the memory of klaus schwarzw (1914–1978) on the occasion of the thirtieth anniversary of his death. *Crit. Rev. Biotechnol*. 2009; 29: 2–9.
41. Soczynska J.K., Kennedy S.H., Woldeyohannes H.O. et al. Mood disorders and obesity: understanding inflammation as a pathophysiological nexus. *Neuromolecular Med*. 2011; 13(2): 93–116. DOI: 10.1007/s12017-010-8140-8.
42. Strand T.A., Lillegaard I.T.L., Frøyland L. et al. Assessment of selenium intake in relation to tolerable upper intake levels. *Eur. J. Nut. Food Saf*. 2018; 155–6.
43. Udenze I.C., Azinge E.C., Arikawe A.P. et al. The prevalence of metabolic syndrome in persons with type 2 diabetes at the Lagos University Teaching Hospital, Lagos Nigeria. *WAJM*. 2013; 32(2): 46–52.
44. UNSCN Brief. Non-communicable diseases, diets and nutrition, 2018. Available at: <https://www.unscn.org/uploads/web/news/document/NCDs-brief-RU-WEB.pdf>. (accessed 27.05.2022).
45. Uzunlulu M., Yorulmaz E., Oguz A. Prevalence of subclinical hypothyroidism in patients with metabolic syndrome. *Endocrin. J*. 2007; 54(1): 71–7.
46. White Philip J., Broadley Martin R. Biofortification of crops with seven mineral elements often lacking in human diets — iron, zinc, copper, calcium, magnesium, selenium and iodine. *NewPhytologist*. 2009; 182: 49–84. DOI: 10.1111/j.1469-8137.2008.02738.x.
47. WHO. Healthy diet, 2020. Available at: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/healthy-diet>. (accessed 27.05.2022).

## REFERENCES

1. Aftanas L.I. Elementniy status naseleniya Russii [Elementary status of the population of Russia]. Chast 4. Elementniy status naseleniya Privolzhskogo I Uralskogookrugov. Sankt-Peterburg: Medkniga ELBY SPb. Publ.; 2013. (in Russian).
2. Volkova A.R., Fishman M.B., Semikova G.V. Tireotropnyy gormon, leptin i pokazateli insulinorezistentnosti u patsiyentov s ozhireniyem posle bariatricheskikh vmeshatel'stv [Thyroid-stimulating hormone, leptin and insulin resistance indicators in obese patients after bariatric interventions]. *Ozhirenieimetabolizm*. 2020; 17(2): 187–192. DOI: 10.14341/omet11887. (in Russian).
3. Volkotrub L.P., Andropova T.V. Rol' selena v razvitiy i preduprezhdenii zabolevaniy (obzor) [The role of selenium in the development and prevention of diseases (review)]. *Gigienai Sanitariya*. 2001; 3: 57–61. (in Russian).
4. Global'nyy doklad po diabetu. Zheneva: Vsemirnaya organizatsiya zdravookhraneniya; 2018. Dostup no po <http://apps.who.int/iris> (data obrashcheniya 27.05.2022). (in Russian).
5. Zakharova S.M., Savelieva L.V., Fadeeva M.I. Ozhirenie i gipotireoz [Obesity and hypothyroidism]. *Ozhirenie i metabolizm*. 2013; 2(10): 54–8. DOI: 10.14341/2071-8713-4826. (in Russian).
6. Mukhutdinova G.M., Gomzina E.G., Imamov A.A. Vliyanie selenovogo statusa na immunnyy otvet pri virusnykh infektsiyakh (po dannym literaturnogo obzora) [The effect of selenium status on the immune response in viral infections (according to a literature review)]. V kn.: *Materialy II Natsional'nogo kongressa s mezhdunarodnym uchastiyem «Sysinskiye chteniya-2021»*. Moskva; 2021: 293–6. Available at: <https://www.cspfmiba.ru/wp-content/uploads/2021/11>. (accessed 27.05.2022). (in Russian).
7. United Nations Decade for Action on Nutrition (2016–2025). Available at: [https:// documents-dds-ny.un.org/doc/UNDOC/GEN/N16/093/08/PDF/N1609308.pdf](https://documents-dds-ny.un.org/doc/UNDOC/GEN/N16/093/08/PDF/N1609308.pdf). (accessed 27.05.2022). (in Russian).

8. Panchenko L.F., Maev I.V., Gurevich G.K. *Klinicheskaya biokhimiya mikroelementov* [Clinical biochemistry of trace elements]. Moskva: GOU VUNMC MZ RF; 2004. (in Russian).
9. Skal'nyj A.V. Otsenka i korektsiya elementnogo statusa naseleniya — perspektivnoye napravleniye otechestvennogo zdravookhraneniya i ekologicheskogo monitoring [Evaluation and correction of the elemental status of the population is a promising area of domestic health care and environmental monitoring]. *Mikroelementy v meditsine*. 2019; 1: 15–13. (in Russian).
10. Skal'nyj A.V., Kiselev M.F. *Jelementnyj status naseleeniya Rossii* [The elemental status of the Russian population]. V 5 tomah. Sankt-Peterburg: Medkniga ELBI-SPb Publ.; 2010–2014. (in Russian)
11. Takahata Yu., Nomura A., Takada X. et al. CD25+CD4+T cells in human umbilical cord blood: an immunoregulatory subgroup with a naive phenotype and specific expression of the p3 (Foxp3) box fork gene. *Experimental hematology*. 2004; 32(7): 622–9. (in Russian).
12. Troshina E.A., Senjushkina E.S., Terehova M.A. Rol' seleny v patogeneze zabolevaniy shchitovidnoy zhelezy. [The role of selenium in the pathogenesis of thyroid diseases]. *Klinicheskaya i eksperimental'naya tireoidologiya*. 2018; 14(4): 192–205. DOI: 10.14341/ket10157. (in Russian).
13. Tutel'yan V.A., Knyazhev S.A. Golubkina N.A. i dr. Selen v organizme cheloveka: metabolizm, antioksidantnyye svoystva, rol' v kancerogeneze [Selenium in the human body: metabolism, antioxidant properties, role in carcinogenesis]. Moskva: RAMN; 2002. (in Russian).
14. FAO. 2020. Vliyaniye COVID-19 na prodovol'stvennyuyu bezopasnost' i pitaniye: razrabotka effektivnykh politicheskikh mer po bor'be s pandemiyei goloda i nepolnotsennogo pitaniya [Impact of COVID-19 on Food Security and Nutrition: Designing Effective Policies to Combat the Pandemic of Hunger and Malnutrition]. Available at: <https://doi.org/10.4060/cb1000ru>. (accessed 27.05.2022). (in Russian).
15. Shpakov A.O. Vzaimosvyaz' mezhdru narusheniyami funktsiy tireoidnoy sistemy i sakharnym diabetom 2-go tipa [The relationship between disorders of the thyroid system and type 2 diabetes mellitus]. *Translyatsionnaya meditsina*. 2017; 4(2): 29–39. (in Russian).
16. Adegoke O.A., Adedoyin R.A., Balogun M.O. et al. Prevalence of metabolic syndrome in a rural community in Nigeria. *Metab. Synd. and Metab.* 2010; 8(1): 59–62.
17. Avery J., Hoffmann P. Selenium, selenoproteins, and immunity. *Nutrients*. 2018; 10: 1203. DOI: 10.3390/nu10091203.
18. Bandurska-Stankiewicz E. Thyroid hormones — obesity and metabolic syndrome: Proceedings of the 4th Congress of the Polish Thyroid Association. *Thyroid Res*. 2013; 6(2): A5. DOI: [org/10.1186/1756-6614-6-s2-a5](https://doi.org/10.1186/1756-6614-6-s2-a5).
19. Beckett G.J., Arthur J.R. Selenium and endocrine systems. *J. Endocrinol.* 2005; 184(3): 455–65. DOI: 10.1677/joe.1.05971.
20. Chowdhury R., Sinha B., Sankar M.J. et al. Breastfeeding and maternal health outcomes: a systematic review and meta-analysis. *Acta Paediatr.* 2015; 104(467): 96–113. DOI: 10.1111/apa.13102.
21. Donma M.M., Donma O. Promising link between selenium and peroxisome proliferator activated receptor gamma in the treatment protocols of obesity as well as depression. *Med Hypotheses*. 2016; 89: 79–83. DOI: 10.1016/j.mehy.2016.02.008.
22. Fanzo J., Rudie C., Sigman I. et al. Sustainable food systems and nutrition in the 21st century: a report from the 22nd annual Harvard Nutrition Obesity Symposium. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 2022; 115(1): 18–33. DOI: 10.1093/ajcn/nqab315.
23. Gosney M.A., Hammond M.F., Shenkin A., Allsup S. Effect of Micronutrient Supplementation on Mood in Nursing Home Residents. *Gerontology*. 2008; 54: 292–9. DOI: 10.1159/000131886.
24. Guillin O.M., Vindry C., Ohlmann T., Laurent Chavatte. Selenium, selenoproteins and viral infection. *Nutrients*. 2019; 11: 2101. Available from: <http://propionix.ru/selen-selenoproteiny-i-virusnaya-infekciya>. (accessed 27.05.2022). DOI: 10.3390/nu11092101.
25. Halford J.C. Pharmacology of appetite suppression: implication for the treatment of obesity. *Curr Drug Targets*. 2001; 2(4): 353–70. DOI: 10.2174/1389450013348209.
26. Horta B.L., Loret de Mola C., Victora C.G. Long-term consequences of breastfeeding on cholesterol, obesity, systolic blood pressure and type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis. *Acta Paediatr.* 2015; 104(467): 30–7. DOI: 10.1111/apa.13133.
27. Hosseini B., Saedisomeolia A., Allman-Farinelli M. Association Between Antioxidant Intake. Status and Obesity: a Systematic Review of Observational Studies. *Biol Trace Elem Res*. 2017; 175: 287–97. DOI: 10.1007/s12011-016-0785-1.
28. Hunter D., Giyose B., Polo Galante A.F. et al. Schools as a system to improve nutrition: A new statement for school-based food and nutrition interventions. 2017. UNSCN Discussion Paper. Available at: <https://www.unscn.org/uploads/web/news/document/School-Paper-EN-WEB.pdf15> (accessed 27.05.2022).
29. Jackson M.I., Combs G.F. Selenium as a Cancer Preventive Agent. In: *Selenium: Its Molecular Biology and Role in Human Health*, 3rd ed. Hatfield D.L., Berry M.J., Gladyshev V.N., Eds. New York; 2012: 313–23.
30. Kaur J.A. Comprehensive review on metabolic syndrome. *Cardiol. Res. Pract.* 2014; 7: 943162. DOI: 10.1155/2014/943162.
31. Kielczykowska M., Kocot J., Paździor M., Musik I. Selenium — a fascinating antioxidant of protective properties. *Advances in Clinical and Experimental Medicine*. 2018; 27(2): 245–25.
32. Leon-Cabrera S., Solís-Lozano L., Suárez-Álvarez K. et al. Hyperleptinemia is associated with parameters of low-grade systemic inflammation and metabolic dys-

- function in obese human beings. *Front Integr Neurosci.* 2013; 7: 62. DOI: 10.3389/fnint.2013.00062.
33. Mukhutdinova G.M., Gomzina E.G., Imamov A.A., Medvedeva I.V. The influence of iodine and selenium on the metabolism of teenagers of leninogorsk district of the Republic of Tatarstan (Russia). *Danish Scientific Journal (DSJ).* 2020; 39: 19–24.
34. Oh J.Y., Sung Y.A., Lee H.J. Elevated thyroid stimulating hormone levels are associated with metabolic syndrome in euthyroid young women. *Korean J Intern Med.* 2013; 28(2): 180–6. DOI: 10.3904/kjim.2013.28.2.180.
35. Popkin B.M., Adair L.S., Ng S.W. Global nutrition transition and the pandemic of obesity in developing countries. *Nutr Rev.* 2012; 70(1): 3–21. DOI: 10.1111/j.1753-4887.2011.00456.x.
36. Rayman M.P. The Importance of Selenium to Human Health. *Lanset.* 2000; 356: 233–41. DOI: 10.1016/S0140-6736(00)02490-9.
37. Ren R., Ma Y., Deng F. et al. Association between serum TSH levels and metabolic components in euthyroid subjects: a nationwide population-based study. *Diabetes MetabSyndrObes.* 2019; 12: 1563–9. DOI: 10.2147/DMSO.S202769.
38. Sáinz N., Barrenetxe J., Moreno-Aliaga M.J., Martínez J.A. Leptin resistance and diet-induced obesity: central and peripheral actions of leptin. *Metabolism.* 2015; 64(1): 35–46. DOI: 10.1016/j.metabol.2014.10.015.
39. Schaible U.E., Kaufmann S.H.E. Malnutrition and Infection: Complex Mechanisms and Global Impacts. *Plos Medicine.* 2007; 4 (5):0806-0812. DOI: 10.1371/journal.pmed.0040115.g001.
40. Schrauzer G.N., Surai P.F. Selenium in human and animal nutrition: Resolved and unresolved issues. A partly historical treatise in commemoration of the fiftieth anniversary of the discovery of the biological essentiality of selenium, dedicated to the memory of klaus schwarz (1914–1978) on the occasion of the thirtieth anniversary of his death. *Crit. Rev. Biotechnol.* 2009; 29: 2–9.
41. Soczynska J.K., Kennedy S.H., Woldeyohannes H.O. et al. Mood disorders and obesity: understanding inflammation as a pathophysiological nexus. *Neuromolecular Med.* 2011; 13(2): 93–116. DOI: 10.1007/s12017-010-8140-8.
42. Strand T.A., Lillegaard I.T.L., Frøyland L. et al. Assessment of selenium intake in relation to tolerable upper intake levels. *Eur. J. Nut. Food Saf.* 2018; 155–6.
43. Udenze I.C., Azinge E.C., Arikawe A.P. et al. The prevalence of metabolic syndrome in persons with type 2 diabetes at the Lagos University Teaching Hospital, Lagos Nigeria. *WAJM.* 2013; 32(2): 46–52.
44. UNSCN Brief. Non-communicable diseases, diets and nutrition, 2018. Available at: <https://www.unscn.org/uploads/web/news/document/NCDs-brief-RU-WEB.pdf>. (accessed 27.05.2022).
45. Uzunlulu M., Yorulmaz E., Oguz A. Prevalence of subclinical hypothyroidism in patients with metabolic syndrome. *Endocrin. J.* 2007; 54(1): 71–7.
46. White Philip J., Broadley Martin R. Biofortification of crops with seven mineral elements often lacking in human diets — iron, zinc, copper, calcium, magnesium, selenium and iodine. *New Phytologist.* 2009; 182: 49–84. DOI: 10.1111/j.1469-8137.2008.02738.x.
47. WHO. Healthy diet, 2020. Available at: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/healthy-diet>. (accessed 27.05.2022).