



Евстафьева Е.В.¹, Голубкина Н.А.², Бояринцева Ю.А.¹, Богданова А.М.¹,
Тымченко С.Л.¹

Обеспеченность селеном городских жителей на территории Крымского полуострова

¹Медицинская академия имени С.И. Георгиевского ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», 295006, Симферополь, Россия;

²ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства», 143080, Московская область, Одинцово, пос. ВНИИССОК, Россия

Введение. Учитывая важную биологическую роль селена, в том числе в профилактике сердечно-сосудистых заболеваний, а также его распространённый дефицит в почвах, актуальной является оценка обеспеченности этим элементом населения Крымского региона.

Материалы и методы. С этой целью у 46 жителей г. Симферополя 18–20 лет обоего пола флуориметрическим методом было определено содержание селена в волосах, которое характеризует долговременное поступление этого элемента в организм человека из всех возможных источников. Для оценки наиболее вероятных источников поступления его содержание определяли в пищевых продуктах и питьевой воде на территории г. Симферополя и прилегающих к нему посёлков.

Результаты. Содержание селена в волосах колебалось в пределах от 210 до 309 мкг/кг, что меньше нижней границы нормы на 12–40% и позволяет констатировать дефицит в обеспеченности этим элементом у городских жителей в Крымском регионе. Результаты определения содержания селена в пищевых продуктах и питьевой воде позволяют заключить, что основную роль в формировании выявленного дефицита играет низкое содержание селена в пищевых продуктах, изготовленных из зерновых культур, и в меньшей степени — в воде. Однако эта информация не позволяет составить представление о селеновом статусе региона в целом, поскольку продукция, являющаяся основным источником селена в рационе питания жителей Крыма, в значительной степени поставляется из других регионов Российской Федерации.

Заключение. Низкая обеспеченность селеном жителей Крымского региона в сочетании с имеющимися в литературе данными о положительной и тесной связи гипоселенозов с качеством здоровья требует расширенного мониторинга содержания селена в почвах и растениеводческой продукции на территории Крымского полуострова.

Ключевые слова: селен; волосы; пищевые продукты; вода

Для цитирования: Евстафьева Е.В., Голубкина Н.А., Бояринцева Ю.А., Богданова А.М., Тымченко С.Л. Обеспеченность селеном городских жителей на территории Крымского полуострова. *Гигиена и санитария*. 2021; 100 (2): 147–153. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-2-147-153>

Для корреспонденции: Бояринцева Юлия Алексеевна, канд. биол. наук, доцент каф. физиологии нормальной Медициной академии им. С.И. Георгиевского ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского», 295006, Симферополь. E-mail: baraban_y@mail.ru

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Благодарность. Исследование выполнено при поддержке Программы развития ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского» на 2015–2024 годы по проектам «Поддержка академической мобильности работников университета на заявительной основе» и «Академическая мобильность молодых учёных России» в 2017 году. Сбор материала выполнен в рамках поддерживаемого ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского» гранта № ВГ 06/2020, АААА-А20-120012090158-7.

Участие авторов: Евстафьева Е.В. — концепция и дизайн исследования, написание текста, редактирование; Голубкина Н.А. — концепция и дизайн исследования, сбор и обработка материала, редактирование; Бояринцева Ю.А., Тымченко С.Л. — статистический анализ, написание текста, редактирование; Богданова А.М. — сбор и обработка материала, статистический анализ. Все соавторы — утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи.

Поступила 25.03.2020 / Принята к печати 18.09.2020 / Опубликована 30.03.2021

Elena V. Evstafeva¹, Nadezhda A. Golubkina², Yulia A. Boyarinceva¹, Anna M. Bogdanova¹,
Svitlana L. Tymchenko¹

Selenium status of urban residents on the territory of the Crimean peninsula

¹V.I. Vernadsky Crimean Federal University, S.I. Georgievsky Medical Academy, Simferopol, 295006, Russian Federation;

²Federal Scientific Vegetable Center, Odintsovo, Moscow region, 143080, Russian Federation

Introduction. Considering the essential biological role of selenium, including its role in preventing cardiovascular diseases and its widespread deficit in soils, assessing selenium status for Crimean region inhabitants is an actual task.

Material and methods. Determination of selenium content in hair as index the of long-term element's intake into the human body by all pathways were determined by the fluorometric method in 46 inhabitants (18–20 years old) from city Simferopol. Additionally, the selenium was determined in water and food products in Simferopol and nearby residential territories.

Results. Selenium content in most residents' hair varied from 210 to 309 mcg/kg and 12–40% less than the normal range's lower limit. These results show the selenium deficiency in urban residents from the Crimean region, mainly due to the low content of this element in cereal products and, to a less degree, — in water. However, most food products, which are the primary source of selenium in Crimean inhabitants' diet, are delivered from other Russian regions. So it's possible to assess the selenium supply of inhabitants, but it is not possible to make a total conclusion about the selenium status of the region.

Conclusion. The revealed deficiency of selenium in Crimean region inhabitants and the literature data about the positive and close relationship between hyposelenosis and the quality of public health requires the extensive monitoring of the selenium content in soils and crop production the Crimean peninsula territory.

Keywords: selenium; hair; food products; water

For citation: Evstafeva E.V., Golubkina N.A., Boyarinceva Y.A., Bogdanova A.M., Tymchenko S.L. Selenium status of urban residents on the territory of the Crimean peninsula. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2020; 100 (2): 147–153. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2020-100-2-147-153> (In Russ.)

For correspondence: *Yulia A. Boyarinceva*, MD, Ph.D., assistant professor of the Department of normal physiology, V.I. Vernadsky Crimean Federal University, S.I. Georgievsky Medical Academy, Simferopol, 295006, Russian Federation. E-mail: baraban_y@mail.ru

Information about the authors:

Evstafeva E.V., <https://orcid.org/0000-0002-8331-4149>; *Golubkina N.A.*, <https://orcid.org/0000-0003-1803-9168>; *Boyarinceva Y.A.*, <https://orcid.org/0000-0003-3950-1526>; *Bogdanova A.M.*, <https://orcid.org/0000-0002-3041-6328>; *Tymchenko S.L.*, <https://orcid.org/0000-0003-3298-6743>

Conflict of interest. The author(s) declare(s) that there is no conflict of interest regarding the publication of this article.

Acknowledgement. This research was supported by the V.I. Vernadsky Crimean Federal University's Development Programme 2015–2024, within the projects entitled "Application-Based Support for the University's Staff Academic Mobility 2017" and "Academic mobility of young scientists in Russia 2017". Collection of the material was financially funded by the V.I. Vernadsky Crimean Federal University (Project No VG 06/2020, AAAA-A20-120012090158-7).

Contribution of the authors: *Evstafeva E.V.* – research concept and design, writing the text, editing; *Golubkina N.A.* – research concept and design, the collection and processing of the material, editing; *Boyarinceva Y.A.*, *Tymchenko S.L.* – statistical analysis, writing the text, editing; *Bogdanova A.M.* – the collection and processing of the material, statistical analysis. *All co-authors* – approval of the final version of the article, responsibility for the integrity of all parts of the article.

Received: March 25, 2020 / Accepted: September 18, 2020 / Published: March 30, 2021

Введение

На сегодняшний день взаимосвязь между уровнем обеспеченности организма селеном и здоровьем населения считается подтверждённой [1, 2], а биологическая роль селена привлекает внимание в силу выраженного двойственного влияния этого элемента на функции организма [3–6]. В зависимости от уровня содержания он может оказывать токсическое действие или, напротив, в физиологических количествах, обладая свойствами антиоксиданта, является протектором, что позволяет отнести его к эссенциальным элементам с антиканцерогенным действием. Он также способен снижать канцерогенные и токсичные свойства таких опасных загрязнителей среды, как мышьяк, кадмий, свинец, органические и неорганические соединения ртути, даже при потреблении низких доз с пищей [7].

Количество селена в организме зависит от его поступления из окружающей среды, которое в свою очередь обусловлено геохимическими особенностями и в целом биогеохимической организованностью территорий, поскольку миграция селена в природных условиях осуществляется по пищевой цепи из почвы в растения, организм животных и человека. На территории Российской Федерации имеются биогеохимические провинции, где в почве присутствует повышенное содержание селена, но более значительная часть территорий характеризуется низким содержанием элемента в почве [8]. По данным ВОЗ, 40 стран в мире могут быть отнесены к селенодефицитным [9]. Особенно актуальна эта проблема на территориях с кислыми почвами, поскольку в этих условиях биодоступность селена снижается. К таким почвам относятся, в частности, некоторые типы почв Крымского полуострова [10].

Главным следствием гипоселенозов считается риск возникновения и развития кардиологических и онкологических заболеваний [7, 11]. Вследствие этого применение селеносодержащих добавок и органических препаратов селена приобретает всё большую популярность [12, 13], однако дозовый диапазон его благоприятного влияния достаточно узок, что требует если не определения индивидуального микроэлементного профиля пациента, то хотя бы данных о селеновом статусе региона. По этой причине много внимания в последнее время уделяется определению содержания селена в почве и растениях [14]. Однако наличие антропогенных источников (например, сжигание ископаемого топлива) способно значительно увеличивать долю атмосферного селена таким образом, что он становится важным источником и для растений [15], и для человека, поступая в последнем случае с атмосферным воздухом через дыхательную систему. Вода не рассматривается как существенный источник селена для животных и человека, однако атмосферные осадки в связи с указанным выше могут являться важным источником этого микроэлемента для растений [15].

По этой и другим причинам эпидемиологические исследования на территории Российской Федерации [3, 15] и других стран [4] всё чаще показывают несоответствие между предполагаемыми и фактическими уровнями обеспеченности селеном.

Особенно актуально такое несоответствие может быть для элементного статуса жителей городов, где миграция селена по биогеохимической пищевой цепи как таковая не представлена. В связи с этим среди разных подходов к оценке селенового статуса региона предпочтительней оценка обеспеченности жителей селеном по его определению в биосубстратах человека, в организм которого он поступает из всех возможных источников окружающей среды.

В Республике Крым данные по содержанию этого микроэлемента в организме человека фактически отсутствуют за исключением ранее выполненных нами исследований [16]. В то же время известно, что Крымский регион является дефицитным в отношении йода [17], а все йододефицитные биогеохимические провинции, как правило, одновременно дефицитны и по селену, поскольку недостаточность содержания селена вызывает снижение активности селензависимой дейодиназы, обеспечивающей трансформацию тироксина в трийодтиронин [18].

В связи с вышеизложенным целью настоящего исследования явилась оценка обеспеченности селеном городских жителей на территории Крымского полуострова по его содержанию в волосах. Дополнительно для качественной оценки наиболее вероятных источников поступления селена в организм человека его содержание определяли в некоторых часто употребляемых видах пищевых продуктов и питьевой воде.

Материал и методы

Для оценки обеспеченности селеном организма жителей г. Симферополя как представителей населения Крымского полуострова определяли его содержание в волосах, так как наряду с ногтями этот биосубстрат отражает долговременное поступление химических элементов в организм. Определение селена в волосах считается удобным при наличии существенных различий внутри исследуемого региона [15], которое ожидается на территории Крымского полуострова ввиду его высокого природного и антропогенного разнообразия, а также в связи с завозом продукции из разных регионов Российской Федерации.

С этой целью у 46 практически здоровых жителей Симферополя 18–20 лет обоего пола брали пробы волос, которые получали путём состригания их прикорневой части на затылочной области головы, ближе к шее, в количестве 5 г. Все обследованные не имели существенных отклонений в состоянии здоровья и были близки по социальным характеристикам. Обследование проводили осенью (сентябрь). Данная работа была выполнена в полном соответствии с положениями Хельсинкской Декларации (1975, позднейшие редакции 1996–2013): все субъекты, участвующие в исследовании, предоставили предварительное письменное информированное согласие.

Для выяснения источников преимущественного поступления селена, обеспечивающих в основном селеновый статус испытуемых, было определено его содержание в наиболее часто употребляемых пищевых продуктах, перечень которых устанавливался согласно результатам опроса по

специально разработанной анкете. Образцы пищевых продуктов для анализа были отобраны в магазинах и на рынках г. Симферополя в тех торговых точках, которыми пользуется основная масса жителей города. Для каждого вида продукции собрано по 2–6 проб, при этом их изготовители большей частью находились на территории Крымского полуострова (34 пробы); 10 проб представляли продукты, произведённые на материковой части Российской Федерации: Краснодарский и Алтайский край, Липецкая, Воронежская области (табл. 1). Такое распределение достаточно объективно отражает снабжение Крымского полуострова, так как по геополитическим причинам обеспечение жителей Крыма пищевыми продуктами в последние годы проводилось из многих регионов России. Кроме того, как уже указывалось выше, для жителей города биогеохимические пищевые цепи не являются основным источником поступления селена в организм человека. По этой причине определение содержания селена в пищевых продуктах выполнено в настоящей работе с целью оценки его наличия в пищевом рационе крымчан, но не позволяет судить о селеновом статусе региона.

Помимо прямого определения содержания селена в пищевых продуктах была рассчитана его вероятная концентрация в сыворотке крови, исходя из данных определения в пшенице, по формуле:

$$y = 0,31x + 58,2,$$

где x – содержание селена в зерне пшеницы; y – расчётная концентрация в сыворотке [15].

Также были отобраны пробы питьевой воды из центрального водопровода, колодцев, родников в разных районах и водохранилища г. Симферополя (ГОСТ Р 51593–2000 Вода питьевая. Отбор проб. 2018). Пробы мясной продукции перед исследованием подвергали термообработке в сушильном шкафу при температуре 20–30 °С с последующей гомогенизацией.

Определение содержания селена во всех исследуемых пробах проводили флуориметрическим методом [19].

Так как полученные данные по содержанию селена не подчинялись закону нормального распределения в соответствии с критериями Колмогорова–Смирнова и Лиллифорса, для всей группы в целом определяли интерквартильный размах (25–75%) и медиану (Me). Однако, учитывая то обстоятельство, что подавляющее число тестируемых в каждой из выборок имели величины селена, распределение которых соответствовало нормальному, они были проанализированы отдельно с использованием среднего арифметического (M) и стандартной ошибки (m).

Для статистической обработки данных использовали программу Statistica 6.0.

Результаты

Определение содержания селена выявило в волосах всей группы в целом и отдельно в группах по половому признаку величины,

Таблица 1 / Table 1

Виды пищевых продуктов и их происхождение, $n = 44$
Kinds of foodproducts and their origin, $n = 44$

Продукция Product name	Локализация производителя Manufacturer localization	
	Республика Крым Republic of Crimea	Регионы Российской Федерации Regions of the Russian Federation
Крупа пшеничная, $n = 5$ Wheat groats, $n = 5$	г. Симферополь, $n = 1$ г. Евпатория, $n = 2$ Simferopol' town, $n = 1$ Evpatoriya town, $n = 2$	Краснодарский край: Красноармейский район, $n = 1$ г. Краснодар, $n = 1$ Krasnodar Territory: Krasnoarmeysky district, $n = 1$ Krasnodar town, $n = 1$
Крупа гречневая, $n = 5$ Buckwheat groats, $n = 5$	Красногвардейский район, $n = 1$ г. Симферополь, $n = 1$ Krasnogvardeisky district, $n = 1$ Simferopol' town, $n = 1$	г. Новочеркасск, $n = 1$ г. Воронеж, $n = 1$ г. Барнаул, $n = 1$ Novocherkassk town, $n = 1$ Voronezh town, $n = 1$ Barnaul town, $n = 1$
Крупа рисовая, $n = 5$ Rice groats, $n = 5$	г. Симферополь, $n = 3$ Simferopol' town, $n = 3$	Краснодарский край: Абинский район, $n = 1$ г. Краснодар, $n = 1$ Krasnodar Territory: Abinsk district, $n = 1$ Krasnodar town, $n = 1$
Мука пшеничная, $n = 5$ Wheat flour, $n = 5$	г. Симферополь, $n = 3$ пгт. Красногвардейское, $n = 1$ Simferopol' town, $n = 3$ Krasnogvardeiskoe settle, $n = 1$	Липецкая область, с. Подгорное, $n = 1$ Lipetsk region, Podgornoye village, $n = 1$
Хлеб пшеничный, $n = 1$ Wheat bread, $n = 1$	г. Симферополь, $n = 1$ Симферопольский район, $n = 3$ Бахчисарайский район, $n = 1$ Simferopol' town, $n = 1$ Simferopol' district, $n = 3$ Bakhchisarai district, $n = 1$	–
Хлеб ржаной, $n = 5$ Rye bread, $n = 5$	Бахчисарайский район, $n = 1$ Симферопольский район, $n = 2$ г. Симферополь, $n = 1$ г. Севастополь, $n = 1$ Bakhchisaray district, $n = 1$ Simferopol' district, $n = 2$ Simferopol' town, $n = 1$ Sevastopol' town, $n = 1$	–
Говядина, $n = 6$ Beef, $n = 6$	г. Бахчисарай, $n = 1$ г. Белогорск, $n = 1$ г. Симферополь, $n = 1$ Красногвардейский район, $n = 1$ Кировский район, $n = 1$ Bakhchisaray town, $n = 1$ Belogorsk town, $n = 1$ Simferopol' town, $n = 1$ Krasnogvardeisky district, $n = 1$ Kirovsky district, $n = 1$	Краснодарский край, $n = 1$ Krasnodar Territory, $n = 1$
Курица, $n = 6$ Chicken, $n = 6$	Красногвардейский район, $n = 2$ Сакский район, $n = 2$ Krasnogvardeisky district, $n = 2$ Saki district, $n = 2$	г. Краснодар, $n = 2$ Krasnodar town, $n = 2$
Кролик домашний, $n = 2$ Domestic rabbit, $n = 2$	Кировский район, $n = 2$ Kirovsky district, $n = 2$	–

Таблица 2 / Table 2

Содержание селена (мкг/кг) в волосах юношей и девушек 18–20 лет ($n = 46$)Selenium content ($\mu\text{g}/\text{kg}$) in the hair of boys and girls aged 18–20 years ($n = 46$)

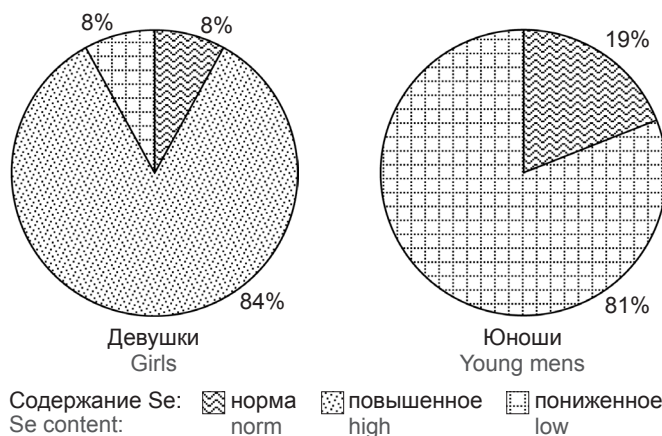
Респонденты Respondents	Медиана Median	p25	p75	$M \pm m^*$	Условная норма, мкг/кг Conditional norm, $\mu\text{g}/\text{kg}$
Группа в целом, $n = 46$ Group as a whole, $n = 46$	256	210	309	266 ± 14.8 ($n = 43$)	350–800
Юноши, $n = 16$ Boys, $n = 16$	286	260	214	272 ± 20.2 ($n = 15$)	350–800
Девушки, $n = 30$ Girls, $n = 30$	241	210	287	255 ± 11.8 ($n = 28$)	350–800

Примечание. * – данные приведены для испытуемых с нормальным распределением содержания селена.

Note. * – data are given for subjects with a normal distribution of selenium content.

которые были меньше нижней границы нормы [20] на 12–40% (табл. 2), что даёт основание для заключения о наличии дефицита селена у подавляющего большинства членов данных выборок. Значимых половых различий не выявлено. При этом в пределах нормы содержание селена находилось у 19% юношей, ниже нормы – у 81%. У девушек – 8 и 84% соответственно, а у 8% его уровень был выше нормы (см. рисунок). В группе девушек содержание селена было ниже нормы на 27%, у юношей – на 23% (см. табл. 2).

Таким образом, обеспеченность селеном городских жителей Крымского региона за редким исключением свидетельствует о дефиците этого элемента, который в среднем составлял 25% от значения нижней границы нормы. При



Содержание селена в волосах городских жителей Крымского региона.

The content of selenium in the hair of urban residents of the Crimean region.

этом значимых половых различий при разных вариантах сравнения не выявлено.

В связи с этим представляло интерес выяснение возможных причин такого дефицита селена, прежде всего посредством определения этого микроэлемента в пищевых продуктах, тем более что биогеохимические особенности региона для популяции городских жителей Республики Крым, как было указано выше, не играют решающей роли.

Определение содержания селена выявило его достаточно высокую вариабельность как в разных видах пищевых продуктов, так и в пробах одного и того же вида продукта разных производителей (табл. 3). Содержание селена в пищевых продуктах животного происхождения в целом было выше,

Содержание селена в пищевых продуктах ($n = 44$)Selenium content in food ($n = 44$)

Продукт Product name	Содержание селена / Selenium content			
	Min–max, мкг/кг сухой массы по данным всех проб Min–max, $\mu\text{g}/\text{kg}$ dry weight according to the data of all samples	величины проб с единичным превышением среднестатистических значений Sample values with a single excess of the average values	Min–max, мкг/кг ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	
			Республика Крым Republic of Crimea	регионы РФ regions of the Russian Federation
Мука пшеничная, $n = 5$ Wheat flour, $n = 5$	78–105	–	84–87	105 ($n = 1$)
Хлеб пшеничный, $n = 1$ Wheat bread, $n = 1$	127–201	494*	127–201	–
Хлеб ржаной, $n = 5$ Rye bread, $n = 5$	95–355	515*	95–355	–
Крупа пшеничная, $n = 5$ Wheat groats, $n = 5$	45–137	137*	45–137	50–52 ($n = 2$)
Крупа гречневая, $n = 5$ Buckwheat groats, $n = 5$	22–150	–	77–150	22–65 ($n = 2$)
Крупа рисовая, $n = 5$ Rice groats, $n = 5$	76–112	215	76–102	112–215 ($n = 2$)
Говядина, $n = 6$ Beef, $n = 6$	153–644	1748*	153–644	224 ($n = 1$)
Курица, $n = 6$ Chicken, $n = 6$	293–380	602*	293–380	602 ($n = 1$)
Кролик домашний, $n = 2$ Domestic rabbit, $n = 2$	294–315	–	294–315	–

Примечание. * – пищевые продукты крымских производителей.

Note. * – food products of Crimean producers.

Таблица 4 / Table 4

Содержание селена в поверхностных и грунтовых водах ($n = 6$)
Selenium content in surface and ground waters ($n = 6$)

Источник Source				Концентрация селена, мкг/л Selenium concentration, µg/L
вид view	тип type	глубина, м depth, m	адрес Source address	
Вода из пресноводного водоёма Water from the freshwater basin	3 м расстояние от берега 3 m distance from the shore	1	Симферопольское водохранилище Simferopol reservoir	0.35
Вода колодезная Well water	Колодец Well	18	Симферопольский район, пгт. Каменка, ул. Братьев Волновых Simferopol district, Kamenka town, Brat'yev Volnovykh Street	0.40
	Колодец Well	25	г. Симферополь, ул. Бекира Османова Simferopol' town, Bekira Osmanova Street	7.85
	Колодец Well	15	г. Симферополь, ул. Севастопольская Simferopol' town, Sevastopolskaya Street	0.40
Вода родниковая Spring water	Питьевой источник (родник) у р. Салгир Drinking source at the river. Salgir	—	г. Симферополь, набережная р. Салгир, фонтан Савопуло Simferopol' town, river embankment Salgir, Savopulo fountain	0.44
Вода водопроводная Tap water	Городской водопровод City water supply	—	г. Симферополь, ул. Курчатова Simferopol' town, Kurchatov Street	0.33

чем в продуктах растительного происхождения. При этом сравнение величин содержания селена в пищевых продуктах крымского происхождения и из регионов Российской Федерации не позволяет выявить какие-либо закономерности как по причине небольшого числа проб, так и в связи с условной приуроченностью к территории Крымского полуострова растениеводческой продукции (крупы, рожь), поскольку они здесь не произрастают. Как следует из приведённых в табл. 3 данных, в единичных случаях встречались пробы со значительным, кратным превышением содержания селена по сравнению с остальными пробами.

Дополнительно произведённый расчёт вероятной концентрации селена в сыворотке крови жителей при употреблении пшеничной продукции с выявленным нами средним содержанием в ней селена показал, что она может составлять 86,4 мкг/л.

Определение селена в пробах питьевой воды обнаружило колебания концентраций в пределах 0,33–0,44 мкг/л (табл. 4).

В то же время в одной из трёх проб колодезной воды его концентрация составила 7,85 мкг/л, что превышает среднее значение по 6 пробам более чем в 20 раз.

Обсуждение

Результаты определения обеспеченности селеном 18–20-летних городских жителей Крыма обоего пола по его содержанию в волосах в совокупности с ранее полученными данными [16] позволяют говорить о дефицитном селеновом статусе данной возрастной группы. При этом следует иметь в виду, что в крупных городах обеспеченность населения селеном выше на 14–16%, чем в сельской местности [15], что даёт основание предполагать наличие ещё более тотального дефицита этого элемента в целом для населения Крыма.

Полученные данные согласуются с результатами, регистрируемыми в значительной части регионов Российской Федерации. Так, дефицит селена установлен в Хабаровском крае [21], Псковской, Новгородской, Ленинградской, Ярославской областях, Верхнем Поволжье, Карелии, Восточной Сибири, Забайкалье; в Магаданской области он имел место у половины популяции [22]. Данные по содержанию селена на этих территориях сходны и в количественном отноше-

нии, несмотря на то, что речь идёт о жителях различных в климатогеографическом и биогеохимическом отношении регионах. Так, например, в г. Сургуте Ханты-Мансийского автономного округа содержание селена в волосах обследованных лиц составило $370 \pm 0,02$ мкг/кг [23]; в Оренбургской области и у студентов г. Оренбурга колебалось в пределах 150–405 мкг/кг [24, 25]. Последние из указанных регионов помимо низкой обеспеченности данным микроэлементом, так же как и Крым, характеризуются йододефицитными состояниями у жителей [17].

Помимо констатации факта низкой обеспеченности селеном и актуальности коррекции его содержания важной задачей научных исследований в данной предметной области представляется выяснение её причин. В качестве основной причины селенодефицитных состояний рассматривается недостаток селена в почве и соответственно пищевых продуктах. Однако, несмотря на существование значимой корреляции между его содержанием в почве и сыворотке крови жителей [26], есть наблюдения, которые свидетельствуют о несоответствии данных по содержанию селена в почвах, пищевых продуктах и организме человека [15, 24], хотя его содержание в пшеничном хлебе — основном источнике селена в пищевом рационе — является сильным предиктором содержания в волосах человека [3].

Причинами этого несоответствия могут быть разные обстоятельства, в том числе генетические особенности [27], но главным образом антропогенные источники и завоз пищевых продуктов из других регионов [26]. В нашем исследовании имело место местное производство только мясной продукции, а из растениеводческой продукции — частично пшеницы. Этим можно объяснить более высокое содержание селена в хлебе пшеничном по сравнению с мукой, которая, по всей видимости, не являлась сырьём для его изготовления. Аналогичная ситуация имела место в Хабаровском крае, где хлебобулочные изделия изготавливались преимущественно из привозной муки с более высоким содержанием селена, чем в местной пшенице [21]. В целом сравнение с данными по содержанию селена в пищевых продуктах близлежащих в географическом отношении территорий (Ростовская и Одесская области) показывает отсутствие существенных различий [28].

Известно, что продукты переработки пшеницы обеспечивают до 50% всего потребляемого населением селена в связи с его более высокой биодоступностью; хорошая биодоступность селена и в мясных продуктах [15]. Однако сравнительно высокое содержание селена в мясе, по представленным выше данным, в свою очередь может быть обусловлено использованием кормов с добавками селена, что не позволяет судить о его содержании в почве. В то же время косвенно судить об этом позволяет содержание этого микроэлемента в подземных и поверхностных водах, хотя сама вода в большинстве случаев не является значимым источником селена для человека. Известно, что в природных водах концентрация селена чрезвычайно мала и колеблется в пределах от 0,01 до 3 мкг/л¹, а предельно допустимая концентрация для воды централизованного водоснабжения и расфасованной в ёмкости составляет 10 мкг/л². Полученные нами величины концентрации селена в питьевой воде, таким образом, значительно ниже верхней границы нормы для природных вод, что дополнительно даёт основания подтвердить низкий селеновый статус почв в Крыму.

Таким образом, анализ полученных данных позволяет констатировать недостаточную обеспеченность селеном жителей Крымского полуострова, которая, по всей видимости, обусловлена в основном низким содержанием селена в зерновых продуктах питания. Это подтверждается и рассчитанной вероятной концентрацией селена в сыворотке крови у жителей, исходя из его содержания в пшеничной крупе, которая составила величину более высокую, чем в странах с наименьшими концентрациями селена в крови жителей, но была существенно ниже, чем в Норвегии, жители которой имели наиболее высокий уровень этого элемента в крови [15].

¹ Селен. Гигиенические критерии состояния окружающей среды. ВОЗ. Женева, 1989.

² СанПин 2.1.4.1074-01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. М., 2002.

Разумеется, для большей ясности в отношении определения селенового статуса региона следует располагать более обширными сведениями о содержании этого элемента в растениеводческой продукции местного происхождения и в почвах, однако именно содержание селена в биосубстратах человека в конечном итоге является финальным индикатором обеспеченности этим важным элементом в регионе. Выявленный дефицит селена, положительная и тесная корреляция гипоселенозов с показателями здоровья и роль селена в профилактике заболеваний сердечно-сосудистой системы, которые обнаруживаются в Крыму прогрессивный рост последние 30 лет [29], требуют принятия мер по его коррекции у населения.

Заключение

Оценка обеспеченности селеном жителей г. Симферополя по его содержанию в волосах, характеризующих долговременное поступление элемента из всех возможных источников в организм, позволяет констатировать наличие дефицита этого элемента, уровень которого колеблется в пределах 210–309 мкг/кг, что в среднем на 25% меньше нижней границы условной нормы. Результаты определения содержания селена в пищевых продуктах и питьевой воде позволяют заключить, что основную роль в обуславливании выявленного дефицита играет низкое содержание селена в пищевых продуктах, изготовленных из зерновых культур, и в меньшей степени – в воде. В связи со значительным употреблением жителями Крыма привозных продуктов для полной оценки ситуации в регионе необходим расширенный мониторинг содержания селена в растениеводческой продукции местного происхождения и в почвах Крымского полуострова, который будет служить фундаментом для научного обоснования средств оптимизации селенового статуса населения.

Литература

(п.п. 1–7, 9, 11–13, 18, 19, 25, 27 см. References)

- Моисеенко Т.И., ред. *Биогеохимическая индикация микроэлементозов*. М.; 2018: 256–63.
- Костенко И.В. Состав обменных катионов и кислотность почв горного Крыма. *Почвоведение*. 2015; 48(8): 932–42. <https://doi.org/10.7868/S0032180X1508002X>
- Аристархов А.Н., Бусыгин А.С., Яковлева Т.А. Дефицит селена в почвах и растениях Северо-восточного Нечерноземья как индикатор необходимости применения селеновых удобрений. *Международный сельскохозяйственный журнал*. 2018; (1): 31–6.
- Тутельян В.А., Княжев В.А., Хотимченко С.А., Голубкина Н.А., Кушлинский Н.Е., Соколов Я.А. *Селен в организме человека: метаболизм, антиоксидантные свойства, роль в канцерогенезе*. М.; 2002: 62–131.
- Евстафьева Е.В., Бояринцева Ю.А., Евстафьева И.А., Перекотий Е.В. Особенности элементного и гемодинамического статуса подростков и юношей с разным уровнем двигательной активности. *Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова*. 2017; 103(5): 570–81.
- Аблаев Э.Э., Безруков О.Ф., Зима Д.В. Заболевания щитовидно-паращитовидного комплекса как социальная проблема. *Таврический медицинско-биологический вестник*. 2017; 20(3-1): 146–51.
- Ковальский Ю.Г., Сенькевич О.А., Сиротина З.В., Голубкина Н.А., Милыева Л.Н. Оценка обеспеченности селеном взрослого и детского населения г. Хабаровска. *Дальневосточный медицинский журнал*. 2006; (3): 29–30.
- Сенькевич О.А., Ковальский Ю.Г., Лебедько О.А., Сапунцова С.Г., Тимошин С.С. Роль селена в питании жителей Хабаровского края. *Дальневосточный медицинский журнал*. 2014; (4): 74–8.
- Горбачев А.Л., Скальный А.В., Ефимова А.В. Физиологическая роль селена и вариации его содержания в организме жителей Северо-Востока России. *Микроэлементы в медицине*. 2001; 2(4): 31–6.
- Корчина Т.Я. Экологические факторы Севера и селеновый статус некоренного населения. *Экология человека*. 2007; (5): 3–7.
- Мирошников С.А., Бурцева Т.И., Голубкина Н.А., Нотова С.В., Скальный А.В., Бурлуцкая О.И. Гигиеническая оценка селенового статуса Оренбургского региона. *Вестник Оренбургского государственного университета*. 2008; (12): 95–8.
- Голубкина Н.А., Синдирева А.В., Зайцев В.Ф. Внутрирегиональная вариативность статуса селенового населения. *Юг России: экология, развитие*. 2017; 12(1): 107–27. <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2017-1-107-127>
- Щелкунов Л.Ф., Голубкина Н.А. Содержание селена в почвах, растениях и у человека в Одесской области. *Экология моря*. 2000; 54: 62–8.
- Евстафьева Е.В. Оценка экологического риска для здоровья на территории Республики Крым. *Проблемы анализа риска*. 2014; 11(5): 30–8.

References

- Rayman M.P. Selenium and human health. *Lancet*. 2012; 379(9822): 1256–68. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(11\)61452-9](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(11)61452-9)
- Benstoem C., Goetzenich A., Kraemer S., Borosch S., Manzanares W., Hardy G., et al. Selenium and its supplementation in cardiovascular disease – what do we know? *Nutrients*. 2015; 7(5): 3094–118. <https://doi.org/10.3390/nu7053094>
- Santos M.D., da Silva Júnior F.R., Zurdo D.V., Baisch P.R.M., Muccillo-Baisch A.L., Madrid Y. Selenium and mercury concentration in drinking water and food samples from a coal mining area in Brazil. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 2019; 26(15): 15510–7. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-04942-4>
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry Division of Toxicology. *Toxicological Profile for Selen*. Atlanta, Georgia; 2003: 123–55.
- Scaly A.V., Burtseva T.I., Salsnikova E.V., Ajsuvakova O.P., Skalnaya M.G., Kirichuk A.A., et al. Geographic variation of environmental, food, and human hair selenium content in an industrial region of Russia. *Environ. Res.* 2019; 171: 293–301. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2019.01.038>
- Dinh Q., Cui Z., Huang J., Tran T., Wang D., Yang W., et al. Selenium distribution in the Chinese environment and its relationship with human health: A review. *Environ. Int.* 2018; 112: 294–309. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2017.12.035>
- Andersen O., Nielsen J.B. Effects of simultaneous low-level dietary supplementation with inorganic and organic selenium on whole-body, blood, and organ levels of toxic metals in mice. *Environ. Health Perspect.* 1994; 102(Suppl. 3): 321–4. <https://doi.org/10.1289/ehp.94102s3321>

Original article

8. Moiseenko T.I., ed. *Biogeochemical Indication of Microelements [Biogeokhimi-cheskaya indikatsiya mikroelementov]*. Moscow; 2018: 256–63. (in Russian)
9. Xu Z.C., Shao H.F., Li S., Zheng C. Relationships between the selenium content in flue-cured tobacco leaves and the selenium content in soil in Enshi, China tobacco-growing area. *Pak. J. Bot.* 2012; 44(5): 1563–8.
10. Kostenko I.V. Composition of exchangeable bases and acidity in soils of the Crimean Mountains. *Pochvovedenie.* 2015; 48(8): 812–22.
11. Benstoem C., Goetzenich A., Kraemer S., Borosch S., Manzanaraes W., Hardy G., et al. Selenium and its supplementation in cardiovascular disease-what do we know? *Nutrients.* 2015; 7(5): 3094–118. <https://doi.org/10.3390/nu7053094>
12. Johansson P., Dahlstrom O., Dahlstrom U., Alehagen U. Improved health-related quality of life, and more days out of hospital with supplementation with selenium and coenzyme Q10 combined. Results from a double blind, placebo-controlled prospective study. *J. Nutr. Health Aging.* 2015; 19(9): 870–7. <https://doi.org/10.1007/s12603-015-0509-9>
13. Liu H., Xu H., Huang K. Selenium in the prevention of atherosclerosis and its underlying mechanisms. *Metallomics.* 2017; 9(1): 21–37. <https://doi.org/10.1039/c6mt00195e>
14. Aristarkhov A.N., Busygin A.S., Yakovleva T.A. Selenium deficiency in soils and plants of the North-Eastern Non-Chernozem region as an indicator of the need for the use of selenium fertilizers. *Mezhdunarodnyy sel'skokhozyaystvennyy zhurnal.* 2018; (1): 31–6. (in Russian)
15. Tutel'yan V.A., Knyazhev V.A., Khotimchenko S.A., Golubkina N.A., Kushlinskiy N.E., Sokolov Ya.A. *Selenium in the Human Body: Metabolism, Antioxidant Properties, Role in Carcinogenesis [Selen v organizme cheloveka: metabolism, antioksidantnye svoystva, rol' v kantserogeneze]*. Moscow; 2002: 62–131. (in Russian)
16. Evstaf'eva E.V., Boyarintseva Yu.A., Evstaf'eva I.A., Perekotiy E.V. Peculiarities of microelement content and hemodynamic parameters in teenagers and youths with different level of physical activity. *Rossiyskiy fiziologicheskii zhurnal im. I.M. Sechenova.* 2017; 103(5): 570–81. (in Russian)
17. Ablaev E.E., Bezrukov O.F., Zima D.V. Diseases of thyroid-parathyroid complex as a social problem. *Tavricheskii mediko-biologicheskii vestnik.* 2017; 20(3–1): 146–51. (in Russian)
18. Ventura M., Melo M., Carrilho F. Selenium and thyroid disease: from pathophysiology to treatment. *Int. J. Endocrinol.* 2017; 2017: 1297658. <https://doi.org/10.1155/2017/1297658>
19. Alftan G. A micromethod for the determination of selenium in tissues and biological fluids by single-test-tube fluorimetry. *Anal. Chim. Acta.* 1984; 165: 187–94. [https://doi.org/10.1016/S0003-2670\(00\)85199-5](https://doi.org/10.1016/S0003-2670(00)85199-5)
20. Koval'skiy Yu.G., Sen'kevich O.A., Sirotnina Z.V., Golubkina N.A., Milyaeva L.N. Estimation of supplies by selenium adult and baby population of the city of the Khabarovsk. *Dal'nevostochnyy meditsinskiy zhurnal.* 2006; (3): 29–30. (in Russian)
21. Sen'kevich O.A., Koval'skiy Yu.G., Lebed'ko O.A., Sapuntsova S.G., Timoshin S.S. The role of selenium in nutrition of the Khabarovsk region population. *Dal'nevostochnyy meditsinskiy zhurnal.* 2014; (4): 74–8. (in Russian)
22. Gorbachev A.L., Skal'nyy A.V., Efimova A.V. The physiological role of selenium and variations in its content in the organism of residents of the North-East of Russia. *Mikroelementy v meditsine.* 2001; 2(4): 31–6. (in Russian)
23. Korchina T.Ya. Ecological factors of the North and selenium status of unna-tive population. *Ekologiya cheloveka.* 2007; (5): 3–7. (in Russian)
24. Miroshnikov S.A., Burtseva T.I., Golubkina N.A., Notova S.V., Skal'nyy A.V., Burlutskaya O.I. Hygienic assessment of selenium status of the Orenburg region. *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta.* 2008; (12): 95–8. (in Russian)
25. Notova S.V., Kiyayeva E.V., Radysh I.V., Laryushina I.E., Blagonravov M.L. Element status of students with different levels of adaptation. *Bull. Exp. Biol. Med.* 2017; 163(5): 590–3. <https://doi.org/10.1007/s10517-017-3855-2>
26. Golubkina N.A., Sindireva A.V., Zaytsev V.F. Intraregional variability of the human selenium status. *Yug Rossii: ekologiya, razvitiye.* 2017; 12(1): 107–27. <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2017-1-107-127> (in Russian)
27. Skroder H., Kippler M., De Loma J., Raqib R., Vahter M. Predictors of selenium biomarker kinetics in 4–9-year-old Bangladeshi children. *Environ. Int.* 2018; 121(Pt. 1): 842–51. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.10.018>
28. Shchelkunov L.F., Golubkina N.A. Selenium content in soil, plants and people in Odessa region. *Ekologiya morya.* 2000; 54: 62–8. (in Russian)
29. Evstaf'eva E.V. Environmental health risk assessment in the Republic of Crimea. *Problemy analiza riska.* 2014; 11(5): 30–8. (in Russian)