

ПРОДУКТЫ ПИТАНИЯ КАК ИСТОЧНИК ОБЕСПЕЧЕНИЯ СЕЛЕНОМ ЖИТЕЛЕЙ ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРА РОССИИ

© 2019 г. В. П. Евдокимова, Ю. А. Бахматова, *Е. Н. Синицкая

ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М. В. Ломоносова», г. Архангельск;

*ФГБОУ ВО «Северный государственный медицинский университет», г. Архангельск

Цель исследования – оценить вклад продуктов питания в обеспечение селеном различных половозрастных групп населения города Архангельска. **Методы.** Для анализа использованы 386 проб продуктов питания. Для изучения половозрастной динамики исследованы образцы сыворотки крови 180 добровольцев: 90 мужчин и 90 женщин разных возрастных групп. Содержание селена в отобранных образцах определяли флуориметрическим методом на анализаторе жидкости Флюорат «02-2М» согласно МУК 4.1.033-95. Тип распределения для выборок устанавливали с помощью критериев Шапиро – Уилка. Для описания количественных данных, имеющих нормальное распределение, пользовались средним арифметическим, стандартной ошибкой среднего арифметического, минимальным и максимальным значениями. Параметры с ненормальным распределением представляли как медиану. Значимость различий анализировали с помощью критериев Фишера – Стьюдента и Манна – Уитни: за достоверные принимали различия при значениях $< 0,05$. **Результаты.** По данным исследования установлено, что содержание селена в продуктах питания увеличивается в следующей последовательности: фрукты → овощи → ягоды → грибы → яйца → хлебные продукты и макаронные изделия → рыбопродукты → мясопродукты → молоко и молочные продукты. Анализ данных показал, что среднее содержание селена в сыворотке крови женщин ($Me = 60,85$ мкг/л) несколько ниже, чем в сыворотке крови мужчин ($67,09$ мкг/л), ($U = 908$, $p < 0,05$). **Выводы.** Полученные данные свидетельствуют о том, что количество селена, потребляемого жителями города с продуктами питания в среднем находится в пределах нижней границы рекомендуемой нормы ВОЗ. Анализ выявил, что 4,4 % женщин имеют тяжелую степень недостаточности селена, 68,9 % женщин и 61,1 % мужчин – легкую степень. Большинство жителей города Архангельска имеют риск развития селенодефицита.

Ключевые слова: селен, продукты питания, сыворотка крови, окружающая среда, селеновый статус

FOOD AS A SOURCE OF SELENIUM FOR THE RESIDENTS OF THE RUSSIAN EUROPEAN NORTH

V. P. Evdokimova, Yu. A. Bakhmatova, *E. N. Sinitskaya

Northern (Arctic) Federal University, Arkhangelsk; Northern State Medical University, Arkhangelsk, Russia

The *aim* of this study is to assess the contribution of food when providing Arkhangelsk city's residents, being of different age and sex, with selenium. *Methods.* 386 food samples were used for the analysis. Serum samples of 180 volunteers, including 90 men and 90 women of different age groups, were studied to observe the sex-and-age dynamics. Selenium content in the selected samples was detected by means of fluorimetric method in a liquid analyzer Fluorat "02-2M", according to the MG (methodological guidelines) 4.1.033-95. Type of distribution for the samples was determined using Shapiro-Wilk test. To describe quantitative data with normal distribution, we used arithmetic mean, mean-square error of arithmetic mean, minimum and maximum values. Parameters with abnormal distribution were presented as a median. Validity of differences was analyzed using Fisher - Student and Mann-Whitney test: valid differences were considered having values < 0.05 . *Results.* According to a research it is established that selenium content in food increases in the following sequence: fruit → vegetables → berries → mushrooms → eggs → grain products and pasta → fish products → meat products → milk and dairy products. The analysis of data showed that the average content of selenium in blood serum of women ($Me = 60.85$ mkg/l) is slightly lower, than in blood serum of men (67.09 mkg/l), ($U = 908$, $p < 0.05$). *Conclusions.* The data obtained indicate that the amount of selenium consumed by the residents of Arkhangelsk with food is on average within the lower limit of the norm recommended by World Health Organization. Despite this, slight selenium deficiency prevails among the surveyed residents. The analysis revealed that 4.4 % of women have a severe degree of selenium deficiency, 68.9 % of women and 61.1 % of men – a slight degree of insufficiency. Most residents of the city of Arkhangelsk are at risk of developing selenium deficiency.

Key words: selenium, food, blood serum, environment, selenium status

Библиографическая ссылка:

Евдокимова В. П., Бахматова Ю. А., Синицкая Е. Н. Продукты питания как источник обеспечения селеном жителей Европейского Севера России // Экология человека. 2019. № 9. С. 59–64.

Evdokimova V. P., Bakhmatova Yu. A., Sinitskaya E. N. Food as a Source of Selenium for the Residents of the Russian European North. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2019, 9, pp. 59-64.

Ухудшение экологической обстановки в России, рост смертности от онкологических и кардиологических заболеваний являются причинами интенсивных исследований возможностей повышения антиоксидантной защиты организма. Выявление биологической роли селена как мощного природного антиоксиданта определило приоритетность исследований селенового

статуса населения различных регионов России и в их числе — Европейского Севера.

Селен — микроэлемент, являющийся частью многих ферментов и благодаря этому играющий важную роль в работе многих органов и систем организма. Селен обладает широким спектром действия, участвуя в различных биохимических процессах. В качестве кофактора он

поддерживает активность многих селеносодержащих ферментов и селенопротеинов [5, 11, 17].

Механизмы адаптивной перестройки организма в условиях Севера закономерно приводят к сдвигу микроэлементарного гомеостаза и возникновению акклиматизационного дефицита, что усугубляет природную недостаточность жизненно важных элементов, в том числе и селена. К основным факторам, способным вызвать дефицит селена в организме человека, относятся: низкое качество питания и недостаточное поступление селена с пищей, нарушение обмена в организме, расход соединений селена на нейтрализацию вредных веществ, алкоголизм [1, 19, 20].

В то же время до сих пор недостаточно точно определен оптимальный уровень потребления селена, не в полной мере разработаны методики оценки селенового статуса организма в норме и при патологии, не до конца выяснены механизмы биологического действия этого элемента.

В работах Н. А. Голубкиной, посвященных состоянию обеспеченности территорий Российской Федерации селеном, отмечается дефицит селена в двадцати семи регионах России. В их числе Бурятия, Читинская и Иркутская области, северо-западные регионы Российской Федерации (Мурманская, Ленинградская, Архангельская, Новгородская, Вологодская, Ярославская, Ивановская, Тверская и Московская области) [7, 8].

Основными источниками поступления селена в организм человека служат вода и продукты питания. Согласно литературным данным главными пищевыми продуктами, обеспечивающими поступление селена, являются зерновые, их вклад составляет 50 % от общего уровня потребляемого микроэлемента. При этом на долю мяса, рыбы, молочных продуктов и яиц приходится 20, 10, 10 и 5 % соответственно, а вклад овощей и фруктов в обеспеченность селеном вообще незначителен и составляет 1–2 %. Употребление в пищу исключительно местных продуктов и влияние геохимической специфики местности имеют решающее значение в обеспеченности организма селеном, вызывая селенодефицитные состояния или селенозы [15, 16, 22].

Важным показателем обеспеченности селеном организма является содержание микроэлемента в крови человека. Оно позволяет оценить среднюю величину поступления селена с пищей за период от нескольких дней до нескольких недель. Показатель характеризует общее содержание активных форм селена (ферментов и селенопереносящего белка) и депонированного селена [3]. Для России средние концентрации селена в сыворотке крови составляют от 62 мкг/л на Западе до 145 мкг/л на Востоке [7].

Коррекцию селенового статуса можно осуществлять несколькими способами. Самый простой и безопасный — употребление в пищу продуктов, богатых селеном. Кроме того, повысить содержание селена в организме человека можно посредством внесения микроудобрений в почву, из которой он поступает в

растения, а затем — в организмы животных и человека [4, 9, 12, 13, 18, 21].

Город Архангельск, жители которого были обследованы, расположен в 50 км от Белого моря на правом берегу устьевых участков Северной Двины и на островах ее дельты (64°33' с. ш., 40°32' в. д.). По своим природно-климатическим характеристикам он приравнен к территориям Крайнего Севера. Для территории города характерен субарктический климат, переходный от морского к континентальному, с продолжительной зимой и коротким прохладным летом. Ведущую роль в промышленности Архангельска играют отрасли специализации: лесная (лесозаготовительная, лесопильно-деревообрабатывающая, целлюлозно-бумажная), машиностроение (судостроение и судоремонт), рыбная промышленность, добыча алмазов, добыча нефти и газа [6].

Проведенные ранее исследования [10] свидетельствуют о том, что с питьевой водой население Архангельска получает от 0,4 до 1,0 % необходимого селена. В связи с этим поступление данного элемента с пищей становится главным фактором, определяющим уровень содержания селена в организме человека. Таким образом, целью исследования послужила оценка вклада продуктов питания в формирование селенового статуса жителей Европейского Севера России, и в частности города Архангельска.

Методы

Для анализа были отобраны пробы продуктов питания, которые традиционно пользуются наибольшим спросом и популярностью у жителей Архангельска. Предпочтения были отданы продуктам, произведенным на территории Архангельской области и наиболее часто встречающимся в торговых сетях, с учетом потребительской корзины.

Отбор проб продуктов питания осуществлялся в несколько этапов: выбор транспортных упаковок; отбор лабораторной пробы; отбор навесок для анализа. Каждая из перечисленных операций проводилась в строгом соответствии с требованиями нормативной документации на исследуемые продукты: отбор, транспортировку и хранение проб хлеба и хлебобулочных изделий осуществляли по ГОСТ 5667-65, мяса — по ГОСТ 7269-79, круп — по ГОСТ 26312.1-84, молока и молочных продуктов — по ГОСТ 3622-68, рыбы, морских млекопитающих, морских беспозвоночных и продуктов их переработки — по ГОСТ 7631-2008.

Селеновый статус был определен у 180 добровольцев-архангелогородцев с получением их информированного согласия на проведение исследования. Для изучения половозрастной динамики образцы крови были отобраны у 90 мужчин: 30 человек в возрасте до 30 лет, 30 человек от 30 до 50 и 30 человек старше 50 лет, а также у 90 женщин тех же возрастных групп. Отбор проб крови осуществлялся на базе ЦНИЛ Северного государственного медицинского университета г. Архангельска.

Определялось содержание селена в отобранных образцах флуориметрическим методом на анализа-

торе жидкости Флюорат «02-2М» согласно МУК 4.1.033-95 на базе лаборатории биогеохимических исследований кафедры химии и химической экологии Северного (Арктического) федерального университета имени М. В. Ломоносова.

Для получения данных об объемах потребления основных продуктов питания был использован метод анкетирования. Количество респондентов — 30 человек в каждой группе. Респонденты заполняли анкеты, в которых они указывали объемы потребления различных продуктов в сутки в течение двух недель.

Тип распределения для выборок определяли с помощью критериев Шапиро — Уилка. Для описания количественных данных, имеющих нормальное распределение, пользовались средним арифметическим, стандартной ошибкой среднего арифметического, минимальным и максимальным значениями. Параметры с ненормальным распределением представляли как медиану. Значимость различий анализировали с помощью критериев Фишера — Стьюдента и Манна — Уитни: за достоверные принимали различия при значениях $<0,05$. Для определения тесноты связи между параметрами применяли критерий корреляции Спирмена, который является непараметрическим аналогом коэффициента Пирсона.

Результаты

В табл. 1 приведены данные по содержанию селена в основных продуктах питания жителей Архангельска.

Таблица 1
Содержание селена в продуктах питания жителей Архангельска, мкг/кг

Объект	n	Интервал концентраций	Среднее значение
Хлебные продукты (хлеб и макаронные изделия, мука, крупы, бобовые)			
Хлеб пшеничный	12	2,10–2,70	$2,32 \pm 0,43$
Хлеб ржаной	9	1,87–2,01	$1,96 \pm 0,50$
Рис	7	90,10–93,23	$91,83 \pm 0,72$
Пшено	5	16,18–16,86	$16,83 \pm 0,72$
Макаронные изделия	4	1,5–1,91	$1,83 \pm 0,72$
Крупа гречневая	3	6,55–7,12	$7,00 \pm 1,24$
Овес	3	6,73–8,88	$6,83 \pm 0,72$
Мука	4	73,20–73,90	$73,30 \pm 0,72$
Овощи и фрукты			
Картофель	12	1,99–3,11	$3,01 \pm 0,78$
Капуста	9	0,52–0,64	$0,63 \pm 0,09$
Морковь	20	0,11–0,35	$0,30 \pm 0,05$
Свекла	9	0,45–0,80	$0,65 \pm 0,14$
Лук	12	2,55–2,81	$2,78 \pm 0,16$
Чеснок	3	19,50–19,74	$19,64 \pm 0,25$
Укроп	4	0,83–0,94	$0,86 \pm 0,09$
Руккола	3	0,26–0,42	$0,36 \pm 0,06$
Петрушка	4	0,51–0,69	$0,66 \pm 0,06$
Огурцы	6	0,09–0,21	$0,16 \pm 0,01$
Кабачки	6	0,06–0,19	$0,13 \pm 0,01$
Абрикосы	6	4,05–4,55	$4,31 \pm 0,64$
Бананы	6	8,67–9,05	$8,97 \pm 0,30$
Апельсины	3	0,44–0,68	$0,53 \pm 0,09$

Продолжение таблицы 1

Объект	n	Интервал концентраций	Среднее значение
Груши	3	0,56–0,74	$0,67 \pm 0,07$
Яблоки	3	0,98–1,34	$1,00 \pm 0,09$
Ягоды и грибы			
Клубника	9	4,33–5,12	$5,08 \pm 0,08$
Малина	6	0,24–0,29	$0,28 \pm 0,12$
Красная смородина	3	3,99–4,15	$4,10 \pm 0,23$
Черная смородина	3	0,54–0,60	$0,59 \pm 0,11$
Клюква	3	10,10–10,45	$10,15 \pm 0,13$
Черника	3	12,11–12,65	$12,42 \pm 0,07$
Подосиновники	6	12,00–12,44	$12,34 \pm 0,06$
Подберезовики	6	10,01–10,15	$10,03 \pm 0,05$
Волнушки	3	4,01–4,16	$4,11 \pm 0,13$
Серянки	3	2,46–2,55	$2,50 \pm 0,09$
Мясопродукты			
Телятина	20	12,91–18,01	$15,97 \pm 2,13$
Свинина	12	125,36–125,96	$125,92 \pm 0,37$
Курица	18	53,5–73,78	$64,62 \pm 5,31$
Индейка	9	12,76–12,92	$12,83 \pm 1,03$
Печень телячья	3	62,47–62,66	$62,57 \pm 1,86$
Рыбопродукты			
Треска	16	7,56–7,77	$7,72 \pm 0,93$
Горбуша	21	50,18–50,45	$50,23 \pm 0,47$
Зубатка	9	20,44–20,66	$20,64 \pm 0,10$
Окунь морской	6	48,89–59,15	$49,09 \pm 5,14$
Корюшка	3	7,54–9,66	$8,64 \pm 0,65$
Кальмары	3	1,29–1,35	$1,32 \pm 0,14$
Камбала	3	102,99–103,34	$103,21 \pm 0,15$
Молоко и молочные продукты			
Творог	21	151,47–152,00	$151,67 \pm 0,72$
Сметана	12	92,89–93,78	$93,67 \pm 0,72$
Молоко	18	68,32–68,55	$68,40 \pm 0,25$
Сыр	2	491,65–492,76	$491,83 \pm 7,89$
Яйца	9	12,11–12,99	$12,81 \pm 0,12$

Проведенные исследования позволили установить, что среднее содержание селена в продуктах питания увеличивается в следующей последовательности: фрукты → овощи → ягоды → грибы → яйца → хлебные продукты и макаронные изделия → рыбопродукты → мясопродукты → молоко и молочные продукты. Ни в одном из продуктов питания не обнаружено превышение ПДК (500 мкг/кг).

В то же время внутри определенных групп продуктов питания содержание селена может значительно различаться. Так, например, среди мясных продуктов наибольшее содержание селена обнаружено в свинине, среди рыбных — в камбале, среди молочных — в сыре, среди овощей — в чесноке, среди фруктов — в банане, среди ягод — в чернике и клюкве, среди круп — в рисе.

Известно, что некоторые соединения селена (например, H_2Se) являются летучими. Это может быть причиной потерь элемента в ходе термической обработки продуктов питания перед их употреблением. Для установления уровня таких потерь были проведены дополнительные исследования, результаты которых представлены в табл. 2.

Таблица 2

Содержание селена в продуктах до и после термической обработки, мкг/кг			
Объект	Содержание Se до термической обработки	Содержание Se после термиче- ской обработки	Потери, %
Свинина	111,2 ± 9,33	42,5 ± 2,48	61,78
Курица	73,43 ± 0,85	28,67 ± 0,72	60,96
Телятина	13,67 ± 0,92	7,66 ± 0,62	43,96
Картофель	0,99 ± 0,16	0,25 ± 0,10	74,75
Морковь	0,22 ± 0,05	0,10 ± 0,01	54,55
Свекла	0,82 ± 0,21	0,33 ± 0,04	59,76
Корюшка	9,51 ± 0,69	4,57 ± 0,27	51,95
Окунь	51,25 ± 0,67	20,31 ± 0,53	60,37
Горбуша	46,98 ± 1,79	19,83 ± 0,40	57,79

Выявлено, что при термической обработке продуктов питания потери могут быть значимыми и достигать 75 %.

Полученные экспериментальные данные по содержанию селена в сыворотке крови мужчин и женщин разных возрастных групп представлены в табл. 3.

Таблица 3

Содержание селена в сыворотке крови населения г. Архангельска, мкг/л								
Возрастная группа	Мужчины			Женщины			Всего	
	n	$\bar{X}$	±SD	n	$\bar{X}$	±SD	n	$\bar{X}$ ±SD
До 30 лет	30	80,49	5,22	30	54,74	2,93	60	67,61 13,64
От 30 до 50 лет	30	65,86	3,40	30	55,07	3,49	60	60,47 6,42
Старше 50 лет	30	54,91	3,04	30	72,73	3,40	60	63,83 9,54
Всего	90	67,09	11,25	90	60,85	9,05	180	63,97 9,57

В ходе проведенных исследований установлена средняя концентрация селена в сыворотке крови, равная 63,97 мкг/л.

Обсуждение результатов

Определение количества селена, поступающего с пищей, — один из способов оценки содержания его в организме человека.

Оценка поступления селена в организм человека может быть осуществлена прежде всего посредством определения объемов потребления населением основных продуктов питания, выявленных путем анкетирования жителей города. В дальнейшем с использованием этих данных, а также средних показателей содержания селена в продуктах питания было рассчитано количество селена, поступающего в организм человека:

$$X = \frac{C_{Se} \cdot m}{1000 \cdot z},$$

где X — количество селена, поступающего в организм человека (мкг/сутки); C_{Se} — содержание селена в продукте, мкг/кг; m — масса потребления продукта в сутки, г.

Представленные в табл. 4 данные свидетельствуют

о том, что количество потребляемого с продуктами селена находится в пределах рекомендуемой нормы, но ближе к минимальному значению. Можно отметить, что в целом с возрастом поступление селена с продуктами питания увеличивается. Возможно, это связано с более внимательным отношением к своему рациону питания.

Таблица 4

Поступление селена с продуктами питания у разных групп населения г. Архангельска

Группа продуктов	Поступление в организм человека, мкг/в сутки					
	Женщины			Мужчины		
	до 30 лет	30–50 лет	>50 лет	до 30 лет	30–50 лет	>50 лет
Мясные продукты	4,10	15,37	24,38	13,75	38,38	19,62
Молочные продукты	46,78	75,14	118,00	54,62	85,55	88,12
Хлебные продукты	10,38	9,22	11,15	12,64	22,45	16,65
Овощи	0,81	1,33	2,30	0,90	1,94	1,24
Фрукты	0,58	0,69	2,14	0,94	1,20	0,78
Рыбопродукты	0,51	3,50	8,57	0,20	6,56	9,20
Яйца	0,03	0,03	0,05	0,04	0,05	0,04
Общее поступление	63,19	105,28	166,59	83,09	156,13	135,65
Рекомендуемая норма	55–350			70–350		

Чтобы получить представление о вкладе той или иной группы продуктов питания в поступление селена в организм человека, необходимо отнести фактическое поступление этого элемента к общему поступлению селена в организм (табл. 5).

Таблица 5

Вклад продуктов питания в обеспеченность селеном жителей г. Архангельска, %

Группа продуктов	Возрастная группа					
	Женщины			Мужчины		
	до 30 лет	30–50 лет	>50 лет	до 30 лет	30–50 лет	>50 лет
Молочные продукты	74	71	71	66	55	65
Мясные продукты	7	15	15	17	25	14
Хлебные продукты	16	9	7	15	14	12
Рыбные продукты	1	3	5	0	4	7
Фрукты	1	1	1	1	1	1
Овощи	1	1	1	1	1	1

Из расчетов видно, что наибольший вклад в обеспечение селеном жителей Архангельска вносят молоко и молочные продукты.

Определение уровня содержания селена в сыворотке крови — один из важнейших критериев установления селенового статуса человека. Показатель характеризует общее содержание активных форм селена и депонированного селена [14].

Статистический анализ данных показал, что среднее содержание селена в сыворотке крови женщин Архангельска ($Me = 60,85$ мкг/л) несколько ниже, чем в сыворотке крови мужчин ($67,09$ мкг/л), ($U = 908$, $p < 0,05$).

Содержание селена в сыворотке крови женщин увеличивалось с возрастом. Так, у женщин старше 50 лет среднее содержание микроэлемента в сыворотке крови ($72,73$ мкг/л) по сравнению с женщинами до 50 лет ($54,91$ мкг/л) выше ($t = -20,987$, $p < 0,05$). Ситуация по содержанию селена в организме мужчин иная. Среднее содержание его у лиц до 30 лет ($80,49$ мкг/л) выше, чем у мужчин 30–50 лет ($65,86$ мкг/л) ($t = 12,420$, $p < 0,05$) и старше 50 лет ($54,91$ мкг/л) ($t = 25,080$, $p < 0,05$).

Сравнительная оценка обеспеченности селеном одинаковых возрастных групп мужчин и женщин показала статистически значимые различия. По данным видно, что среднее содержание селена у мужчин ($80,49$ мкг/л) несколько выше, чем у женщин ($54,74$ мкг/л) в возрастной группе до 30 лет ($t = -23,477$, $p < 0,05$). Аналогичная картина наблюдается и у возрастных групп от 30 до 50 лет ($t = -12,131$, $p < 0,05$). В возрастной группе старше 50 лет у женщин среднее содержание ($72,73$ мкг/л) несколько выше, чем у мужчин ($54,91$ мкг/л), то есть наблюдается обратная тенденция ($t = 21,414$, $p < 0,05$).

В целом анализ индивидуальных показателей сывороточного селена выявил у 4,4 % женщин тяжелую степень недостаточности селена, у 68,9 % — легкую степень недостаточности, и у 26,7 % отмечен субоптимальный уровень. Среди мужчин не выявлено тяжелой степени недостаточности, 61,1 % имеют легкую недостаточность селена и 38,9 % находятся в зоне субоптимального уровня. Большинство жителей Архангельска подвержено риску развития селенодефицита. Очевидно, что у женщин этот риск уменьшается с возрастом, а у мужчин, наоборот, увеличивается [10].

Выводы

Несмотря на то, что поступление селена в организм человека с продуктами питания находится в пределах рекомендуемых норм, у населения преобладает состояние легкой селеновой недостаточности. Это может свидетельствовать о наличии как внешних, так и внутренних факторов, влияющих на селеновый статус жителей Архангельска.

К внутренним можно отнести низкую долю усвояемости некоторых соединений селена [2]. Главные внешние факторы — суровые природно-климатические условия (холодовой фактор и нарушение светового режима) и высокое загрязнение целым комплексом вредных веществ, что приводит к возникновению акклиматизационного дефицита и, как следствие, увеличенной потребности организма человека во многих микроэлементах, в том числе в селене.

Таким образом, основываясь на полученных результатах исследований, можно сделать вывод, что продукты питания являются главным источником селена для организма человека и позволяют обеспечить минимальный уровень его поступления.

Авторство

Евдокимова В. П., Бахматова Ю. А. и Сеницкая Е. Н. внесли существенный вклад в концепцию и дизайн исследования, получение, анализ и интерпретацию данных. Бахматова Ю. А. подготовила первый вариант статьи. Евдокимова В. П. и Сеницкая Е. Н. окончательно утвердили присланную в редакцию рукопись.

Евдокимова Валентина Петровна — ORCID 0000-0003-3669-2443; SPIN 1539-9109

Бахматова Юлия Алексеевна — ORCID 0000-0001-6347-4818; SPIN 8344-4849.

Сеницкая Елена Николаевна — ORCID 0000-0002-7466-4956; SPIN 5061-9848

Список литературы

1. Авцын А. П., Жаворонков А. А., Риш Л. С., Строчкова Л. С. Микроэлементозы человека: этиология, классификация, органоопатология. М.: Медицина, 1991. 496 с.
2. Бакаева Е. А. Влияние экологических факторов на микроэлементный статус новорожденных и детей дошкольного возраста в условиях Европейского Севера и средней полосы России: дис. ... канд. биол. наук. Ярославль, 2016. 200 с.
3. Буякова Н. Г. Селеновый и свободнорадикальный статусы пациентов с обострением хронической печеночной недостаточности алкогольной этиологии: автореф. дис. ... канд. мед. наук. Хабаровск, 2016. 23 с.
4. Василевская Л. С., Погожева А. В., Дербенёв С. А. Клиническая эффективность использования джема из морской капусты, обогащенного селеном // Вопросы питания. 2009. Т. 78, № 1. С. 79–83.
5. Воробьева Л. В. Региональные особенности гигиенической оценки биологического загрязнения поверхностных вод // Гигиена и санитария. 2011. № 1. С. 34–37.
6. География Европейского Севера. Проблемы природопользования, социально-экономические, экологические: сб. науч. трудов / отв. ред. Бызов Н. М. Архангельск: Поморский государственный университет, 2002. 304 с.
7. Голубкина Н. А., Скальный А. В., Соколов Я. А. Селен в медицине и экологии. М.: Изд-во КМК, 2002. 136 с.
8. Голубкина Н. А., Папазян Т. Т. Селен в питании. Растения, животные, человек. М.: Печатный город, 2006. 254 с.
9. Доценко В. А., Мосийчук Л. В. Болезни избыточного и недостаточного питания: учебное пособие. СПб.: ФОЛИАНТ, 2004. 112 с.
10. Евдокимова В. П., Бахматова Ю. А., Попова Л. Ф. Роль питьевой воды в обеспечении селеном жителей города Архангельска // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Естественные науки. 2015. № 5. С. 6–12.
11. Ермаков В. В., Данилова В. Н., Дегтярёв А. П. Селеновый статус России и его коррекция // Материалы 6-й Международной биогеохимической школы «Биогеохимия в народном хозяйстве. Фундаментальные основы ноосферных технологий», Астрахань, 2008. С. 121–129.
12. Мазо В. К., Зорин С. Н. Перспективы биотехнологического получения новых пищевых источников органических соединений селена // Успехи современного естествознания. 2008. № 11. С. 65–66.
13. Свечникова А. А., Голубкина Н. А., Мелякина Э. И. Обеспеченность селеном жителей Астраханской области // Вопросы питания. 2010. № 2. С. 78–80.
14. Тутельян В. А., Самсонов М. А. Справочник по диетологии. М.: Медицина, 2002. 544 с.

15. Эрдэнээ Э. Гигиеническая оценка селенового статуса населения Монголии: дис. ... канд. мед. наук. Иркутск, 2015. 131 с.

16. Fang Y., Luo P., Hu Y., Ma N., Yang W., Xin Z., Zhao L., Hu Q. Bioaccumulation and speciation analysis of selenium in garlic (*Allium sativum* L.) // *Food Sci.* 2012. P. 1–5.

17. Gubta M., Gupta S. An Overview of Selenium Uptake, Metabolism, and Toxicity in Plants // *Front Plant Sci.* 2016, 7: article 2074. doi:10.3389/fpls.2016.02074.

18. McKenzie R. C., Arthur R., Miller S. Selenium and the immune system // *Nutrition and immune function.* 2002. CABI Publishing. Wallingford. UK. P. 239–250.

19. Mehdi Y., Hornick J., Istasse L., Dufrasne I. Selenium in the Environment, Metabolism and Involvement in Body Functions // *Molecules.* 2013. N 18. P. 3292–3311.

20. Molnar J. Selenium: Its antioxidant effects and issues in selenium supply // *Orvosi Hetilap.* 2013. Vol. 154. N 41. P. 1613–1619.

21. Momcilovic B., Prejac J., Visnjevi V., Skalnaya N., Mimica S., Skalny V. Hair Iodine for Human Iodine Status Assessment // *Thyroid.* Vol. 24, N 6. 2014. P. 81–87.

22. Thomson C. D. Assessment of requirements for selenium and adequacy of selenium status: a review // *European Journal of Clinical Nutrition.* 2004. Vol. 58. P. 391–402.

References

1. Avtsin A. P., Zhavoronkov A. A., Rish L. S., Strochkova L. S. *Mikroelementozy cheloveka: etiologiya, klassifikatsiya, organopatologiya* [Human trace elements: etiology, classification, organopathology.]. Moscow, Meditsina Publ., 1991, 496 p.

2. Bakaeva E. A. *Vliyanie ekologicheskikh faktorov na mikroelementnyi status novorozhdennykh i detey doshkol'nogo vozrasta v usloviyakh Evropeiskogo Severa i srednei polosy Rossii.* Kand. diss. [Influence of environmental factors on the microelement status of newborns and preschool children in the European North and Central Russia. Cand. Diss.]. 2016, 200 p.

3. Buyakova N. G. *Selenovyy i svobodnoradikal'nyi status y patsientov s obostreniem khronicheskoi pechenochnoi nedostatochnosti alkohol'noi etiologii.* Kand. diss. [Selenium and free radical status of patients with acute chronic liver failure of alcohol etiology. Cand. Diss.]. 2016, 23 p.

4. Vasilevskaya L. S., Pogozheva A. V., Derbenyov S. A. Clinical efficacy of seaweed jam enriched with selenium. *Voprosy pitaniya* [Nutrition issues]. 2009, 78 (1), pp. 79–83. [In Russian]

5. Vorob'eva L. V. Regional features of hygienic assessment of biological pollution of surface waters. *Gigiena i Sanitariya.* 2011, 1, pp. 34–37. [In Russian]

6. *Geografiya Evropeiskogo Severa. Problemy prirodnopol'zovaniya, sotsial'no-ekonomicheskie, ekologicheskie: sbornik nauchnykh trudov* [Geography of the European North. Problems of nature management, socio-economic, environmental: collection of scientific works]. Responsible editor Byzova N. M., Arkhangelsk, Pomor State University, 2002, 304 p.

7. Golubkina H. A., Skal'nyi A. V., Sokolov Ya. A. *Selen v meditsine i ekologii* [Selenium in medicine and ecology]. Moscow, 2002, 136 p.

8. Golubkina N. A., Papazyan T. T. *Selen v pitanii. Rasteniya, zhivotnye, chelovek* [Selenium in the diet. Plants, animals, people]. Moscow, Printed city Publ., 2006, 254 p.

9. Dotsenko V. A., Mosiychuk L. V. *Bolezni izbytochnogo i nedostatochnogo pitaniya* [Diseases of over and under nutrition]. Textbook, Saint Petersburg, FOLIANT Publ., 2004, 112 p.

10. Evdokimova V. P., Bakhmatova Yu. A., Popova L. F. The role of drinking water in the provision of selenium to the residents of the city of Arkhangelsk. *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo oblastnogo universiteta* [Bulletin of the Moscow state regional University]. 2015, 5, pp. 6–12. [In Russian]

11. Ermakov V. V., Danilova V. N., Degtyaryov A. P. Selenovyi status Rossii i ego korrektsiya [Selenium status of Russia and its correction]. In: *Materialy 6-i Mezhdunarodnoi biogeokhimicheskoi shkoly «Biogeokhimiya v narodnom hozyaistve. Fundamental'nye osnovy noosfernykh tekhnologii»* [Materials of the 6th international biogeochemical school «Biogeochemistry in the national economy. Fundamentals of noospheric technologies»]. Astrakhan, 2008, pp. 121–129.

12. Mazo V. K., Zorin S. N. Prospects of biotechnological production of new food sources of organic selenium compounds. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya* [Successes of modern natural science]. 2008, 11, pp. 65–66. [In Russian]

13. Svechnikova A. A., Golubkina N. A., Melyakina E. I. Provision of residents of Astrakhan region with selenium. *Voprosy pitaniya* [Nutrition issues]. 2010, 2, pp. 78–80. [In Russian]

14. Tutel'yan V. A., Samsonov M. A. *Spravochnik po dietologii* [Nutritional guide]. Moscow, Meditsina Publ., 2002, 544 p.

15. Erdenee E. *Gigienicheskaya otsenka selenovogo statusa naseleniya Mongolii.* Kand. diss. [Hygienic assessment of the selenium status of the Mongolian population. Cand. Diss.]. Irkutsk, 2015, 131 p.

16. Fang Y., Luo P., Hu Y., Ma N., Yang W., Xin Z., Zhao L., Hu Q. Bioaccumulation and speciation analysis of selenium in garlic (*Allium sativum* L.). *Food Sci.* 2012, pp. 1–5.

17. Gubta M., Gupta S. An Overview of Selenium Uptake, Metabolism, and Toxicity in Plants. *Front Plant Sci.* 2016, article 2074. doi:10.3389/fpls.2016.02074.

18. McKenzie R. C., Arthur R., Miller S. Selenium and the immune system. *Nutrition and immune function.* CABI Publishing. Wallingford, UK, 2002, pp. 239–250.

19. Mehdi Y., Hornick J., Istasse L., Dufrasne I. Selenium in the Environment, Metabolism and Involvement in Body Functions. *Molecules.* 2013, 18, pp. 3292–3311.

20. Molnar J. Selenium: Its antioxidant effects and issues in selenium supply. *Orvosi Hetilap.* 2013, 154 (41), pp. 1613–1619.

21. Momcilovic B., Prejac J., Visnjevi V., Skalnaya N., Mimica S., Skalny V. Hair Iodine for Human Iodine Status Assessment. *Thyroid.* 2014, 24 (6), pp. 81–87.

22. Thomson C. D. Assessment of requirements for selenium and adequacy of selenium status: a review. *European Journal of Clinical Nutrition.* 2004, 58, pp. 391–402.

Контактная информация:

Бахматова Юлия Алексеевна — ассистент кафедры химии и химической экологии Высшей школы естественных наук и технологий ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М. В. Ломоносова»

Адрес: 163002, г. Архангельск, Набережная Северной Двины, д. 17

E-mail: juliabahmatova@yandex.ru