

УДК 613.2  
DOI: 10.21668/health.risk/2023.1.07



Научная статья

## ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ ПОСТУПЛЕНИЯ НИКЕЛЯ С ПИЩЕВЫМИ ПРОДУКТАМИ У ВЗРОСЛОГО НАСЕЛЕНИЯ РЕГИОНА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

А.В. Брусенцова, Д.В. Турчанинов, И.А. Сохошко, Т.А. Юнацкая

Омский государственный медицинский университет, Россия, 644099, г. Омск, ул. Ленина, 12

*Проведена оценка поступления никеля с пищевыми продуктами у взрослого населения Омской области на основе анализа частоты потребления пищи в репрезентативной выборке (n = 421, 2020 г.).*

*Медиана среднесуточного поступления никеля с пищевыми продуктами составила 0,13 мг/сут (0,100; 0,179). В качестве статистической нормы поступления никеля с пищевыми продуктами у взрослого населения Западной Сибири предложена величина 0,088 – 0,196 мг/сут. Значимых различий в поступлении никеля с пищевыми продуктами у мужского и женского населения и во всех возрастных группах не установлено.*

*Во всех возрастных группах основной вклад в поступление никеля с пищевыми продуктами внесли: «Овощи» – 29,1 %, «Фрукты» – 16,3 %, «Напитки» – 16,9 %. Из отдельных пищевых продуктов основными источниками были: чай (20,8 %), яблоки свежие (13,9 %), шоколад, шоколадные конфеты (11,8 %), помидоры свежие (9,7 %).*

*Отмечена тенденция к росту поступления никеля у взрослого населения за счет групп продуктов «Овощи», «Напитки», «Мясо и мясопродукты», «Молочные продукты»; снижение поступления никеля – за счет групп продуктов «Фрукты», «Кондитерские изделия».*

*Установлены значимые различия в структуре поступления никеля с пищевыми продуктами у исследуемого населения Омской области и населения Центральной Европы. В Омской области значительно больший вклад вносила продукция растительного происхождения (65,0 % – Омская область, 49,0 % – Центральная Европа), при этом вклад напитков и продуктов животного происхождения был существенно меньше. Такие результаты подчеркивают необходимость проведения исследований структуры питания в региональном аспекте для выявления групп и территорий риска.*

*Поступление никеля с пищевыми продуктами в исследуемой популяции находилось на ориентировочно оптимальном уровне.*

**Ключевые слова:** никель, пищевые продукты, Западная Сибирь, взрослое население, гигиена питания, фактическое питание, ультрамикроэлементы, микронутриенты.

Организм человека – сложная система, функционирование которой обеспечивается комплексом органических и неорганических соединений. Из 92 встречающихся в природе элементов 81 обнаружен в организме человека. Часть из них относится к эссенциальным или условно эссенциальным микроэлементам: железо, йод, медь, цинк, кобальт, хром, молибден, никель, ванадий, селен, марганец, мышьяк, фтор, кремний, литий и др. [1]. Их присутствие в организме человека необходимо ввиду доказанной биологической активности. Однако значительное содержание этих элементов в организме может оказывать токсическое воздействие.

Никель – химический элемент, широко распространенный в природе. В зависимости от территории и фактора окружающей среды его количество может значительно варьироваться. Так, в почвах никель может содержаться в количествах от 3–1000 мг/кг, в воде открытого океана – 0,228–0,693 мкг/л, в пресных водах – обычно менее 2 мкг/л. В связи с активной деятельностью человека с каждым годом увеличивается количество никеля, попадающего в окружающую среду.

Еще в 20-х гг. XX в. высказывалось предположение о влиянии никеля на физиологические процессы у животных и человека. Однако необходи-

© Брусенцова А.В., Турчанинов Д.В., Сохошко И.А., Юнацкая Т.А., 2023

**Брусенцова Анна Владимировна** – кандидат медицинских наук, доцент кафедры гигиены, питания человека (e-mail: anna4855@mail.ru; тел.: 8 (3812) 65-00-95; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8796-7526>).

**Турчанинов Денис Владимирович** – доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой гигиены, питания человека (e-mail: omskgsen@yandex.ru; тел.: 8 (3812) 65-00-95; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6298-4872>).

**Сохошко Игорь Александрович** – доктор медицинских наук, профессор кафедры гигиены, питания человека (e-mail: sokho-igor@yandex.ru; тел.: 8 (3812) 65-00-95; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2956-5692>).

**Юнацкая Татьяна Алексеевна** – кандидат медицинских наук, доцент кафедры гигиены, питания человека (e-mail: yunatskaya@inbox.ru; тел.: 8 (3812) 65-00-95; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1787-0550>).

мость обязательного присутствия никеля в живых организмах была доказана только после 1970 г. [1]. В настоящее время установлено, что никель необходим в организме человека: никель обнаружен в составе ряда ферментов пищеварительного тракта<sup>1</sup> [1–4], принимает участие в структурной организации и функционировании ДНК и РНК [1], принимает участие в гормональной регуляции организма<sup>2</sup> [1], кроветворении [5, 6], необходим для отделения плаценты или предупреждения атонических кровотечений, оказывает вазоконстрикторный эффект [7, 8].

В организм человека никель может поступать несколькими путями: через воздух, кожу и желудочно-кишечный тракт с водой и пищей. Значительное поступление никеля через воздух актуально только в производственных условиях (в непромышленных условиях в организм человека ингаляционным путем поступает до 0,8 мкг никеля в сутки) [9, 10].

Поступление никеля через кожу (контактный путь) достаточно распространено в производственных, бытовых условиях либо при медицинском использовании никеля [10, 11].

Поступление никеля через легкие в производственных условиях приводит к развитию патологических процессов в верхних дыхательных путях (вплоть до астмы) и может стать причиной онкологических заболеваний [9, 10, 12–14].

При контакте с соединениями никеля, вдыхании воздуха, содержащего никель, поступлении никеля через желудочно-кишечный тракт у sensibilized населения часто развиваются как местные, так и общие аллергические реакции [10–19]. Аллергические реакции на никель чаще встречаются у женщин (при проведении пробы пластырем с сульфатом никеля у 11 % женщин и 2 % мужчин отмечена положительная кожная реакция на никель) [11]. В настоящее время аллергические реакции на соединения никеля чаще развиваются при профессиональном контакте с никелем, а не при контакте с никелем в обычной жизни.

В обычных условиях наиболее актуальным является пероральный путь поступления никеля с водой и пищей. При этом наибольшее количество никеля поступает с пищевыми продуктами [20]: с пищей в сутки поступает до 300 мкг никеля, с питьевой водой – до 20 мкг [1, 10, 12, 21]. Усвоение никеля в желудочно-кишечном тракте достаточно низко: по одним данным – до 10 % из пищевых продуктов [8, 22], от 3 до 40 % – по другим данным [9], менее 15 % – по третьим [10], и по четвертым – 0,7–2,5 % и до 10 % в присутствии 5%-ного крахмального физиологического раствора [11]. Абсорб-

ция никеля, поступившего с водой, по одним данным, составляет до 25 % [1], по другим – менее 15 % [9]. Всасывание никеля из желудочно-кишечного тракта зависит от ряда факторов: химической формулы соединения никеля, присутствия связывающих или хелатирующих веществ, конкурентных ингибиторов (кальций, сера, железо, цинк, селен, витамин С), окислительно-восстановительных реагентов, веществ, повышающих рН [6].

Неоднозначны по содержанию никеля и продукты питания. Например, содержание никеля в растительных пищевых продуктах выше, чем в животных. Содержание никеля в мясе морских животных выше, чем в мясе наземных [2, 8, 11, 22].

К продуктам, содержащим наибольшее количество никеля, можно отнести бобовые, орехи, салаты, чай, какао, гречиху, морковь, шоколад, соевые бобы, овсянку<sup>3</sup> [9, 11, 20, 23]. Количество поступающего с пищей никеля зависит также и от структуры рациона. Так, по данным EFSA (Европейское управление по безопасности пищевых продуктов) наибольший вклад в дозу никеля, поступающего с пищевыми продуктами, вносит группа «Зерно и продукты на его основе» за счет большего потребления населением этой группы продуктов [11].

В зависимости от содержания никеля в факторах окружающей среды может встречаться как повышенное, так и пониженное содержание никеля в организме человека. Пониженное содержание данного микроэлемента встречается очень редко. В большей степени описаны патологические эффекты, связанные с повышенным содержанием никеля в организме человека: отмечены риски развития ишемической болезни сердца [1, 2], рассеянного склероза [7], снижение защитных свойств верхних дыхательных путей [1], развитие бельма глаза [23], перинатального гипоксического поражения центральной нервной системы у новорожденных [24], развитие патологических процессов нервной системы [25], поражение почек [15]. Однако, по данным EFSA, исследования о возможной негативной роли никеля на развитие патологии репродуктивной системы, на развитие плода, заболеваний эндокринной, нервной, сердечно-сосудистой систем недостаточны и требуют дальнейшего изучения, хотя результаты исследований на животных все же подтверждают отрицательное воздействие никеля [11].

Ориентировочно оптимальный уровень поступления никеля в организм человека составляет 0,1–0,2 мг/сут [8]. Верхняя граница поступления (безопасная), по данным одних авторов, – 1,0 мг/сут [22], по данным других, – 0,56 мг/сут

<sup>1</sup> Скальный А.В., Рудаков И.А. Биоэлементы в медицине: учебное пособие. – М.: Издательский дом «ОНИКС 21 век»: Мир, 2004. – 272 с.

<sup>2</sup> Там же.

<sup>3</sup> Скальный А.В., Рудаков И.А. Биоэлементы в медицине: учебное пособие. – М.: Издательский дом «ОНИКС 21 век»: Мир, 2004. – 272 с.; FoodDB: database [Электронный ресурс] // Canadian Institutes of Health Research. – URL: www.fooddb.ca (дата обращения: 23.12.2021).

[26]. Нижний уровень поступления никеля (не вызывающий дефицит данного микроэлемента) составляет 0,04 мг/сут [22].

Референтная доза при хроническом пероральном поступлении никеля в соответствии с «Руководством по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду»<sup>4</sup> составляет 0,02 мг/кг массы тела человека в сутки. Таким образом, при среднем весе взрослого человека 70 кг безопасное поступление никеля составляет 1,4 мг/сут.

С учетом вышесказанного оценка уровней пищевого поступления никеля у различных групп населения, определение пищевых продуктов – приоритетных источников никеля в рационе, оценка уровней адекватного поступления никеля, определение групп риска по недостаточному и (или) избыточному поступлению, представляют научный и практический интерес, что определило актуальность и цель настоящего исследования.

**Цель исследования** – определение основных источников и оценка поступления никеля с пищевыми продуктами у взрослого населения региона Западной Сибири.

**Материалы и методы.** Объект исследования – взрослое население Омской области. Фактическое поступление никеля с пищевыми продуктами было оценено у 421 взрослого жителя региона (177 мужчин и 244 женщины) в возрасте от 18 до 83 лет, медиана возраста – 37 (23; 57) лет. Выбор данной группы для исследования определялся тем, что для получения репрезентативных данных использованный метод анализа фактического питания по частоте потребления пищи рекомендуется к применению лишь с возраста 14 лет. Кроме того, материалы, по-

ложенные в основу настоящего исследования, были получены в рамках работ по очередному срезу мониторинга фактического питания выборки взрослого населения (спустя 3–4 года после предыдущего), проводимого в регионе. Выборка стратифицирована по полу, возрасту, месту проживания и не отличалась от генеральной совокупности ( $p > 0,05$ ), что обеспечило репрезентативность полученных данных. Критерии включения в исследование: проживание на территории Омской области не менее двух лет, наличие информированного согласия на участие в исследовании, соответствие характеристик потенциального участника плану исследования (по полу, возрасту, территории проживания).

Городское население представляли 322 человека (73,0 %); сельское – 119 (27,0 %). В выборке также были представлены респонденты различных групп физической активности (в том числе с очень низкой физической активностью – работники преимущественно умственного труда – 26,3 %; с низкой физической активностью – 55,8 %; со средней физической активностью – 15,6 %; с высокой физической активностью – работники тяжелого физического труда – 2,3 %).

Количество респондентов по полу и возрастным группам приведено в табл. 1. Деление по возрастам представлено в соответствии с «Нормами физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации»<sup>5</sup>.

Дизайн исследования: поперечное исследование. Материалы исследования собраны в 2020 г.

Пищевое поступление никеля рассчитывалось в ходе анализа материалов, полученных с использованием опросника частоты потребления пищи

Таблица 1

Характеристики группы исследования по полу и возрасту

Группы населения	Возрастная группа, лет				Все взрослое население
	18–29	30–44	45–64	65 и старше	
Абс. количество					
Оба пола	136	123	123	39	421
Мужчины	72	50	42	13	177
Женщины	64	73	81	26	244
Структура выборки, %					
Оба пола	32,3	29,2	29,2	9,3	100,0
Мужчины	17,1	11,9	10,0	3,1	42,0
Женщины	15,2	17,3	19,2	6,2	58,0

<sup>4</sup> Р 2.1.10.1920-04. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. – М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. – 143 с.

<sup>5</sup> МР 2.3.1.0253-21. 2.3.1. Рациональное питание. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации: методические рекомендации / утв. Руководителем Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации Г.Г. Онищенко 18 декабря 2008 г.; введ. в действие с 18 декабря 2008 г. [Электронный ресурс] // КОДЕКС: электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200076084> (дата обращения: 03.02.2022).

(А.Н. Мартинчик с соавт., 2002<sup>6</sup> [27]), и оригинальной, официально зарегистрированной базы данных химического состава продуктов питания, употребляемых населением Омской области<sup>7</sup>. В основу базы положены величины содержания никеля в пищевых продуктах и в питьевой воде, которые в период с 2009 по 2014 г. были определены в аккредитованной лаборатории АНО «Центр биотической медицины» (г. Москва) методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой. Превышений ПДК (предельно допустимой концентрации) никеля в пищевой продукции при этом отмечено не было.

Полученную информацию обрабатывали с помощью пакета Statistica-6 и возможностей MS Excel. Нормальность распределения признаков проверяли с использованием критерия Шапиро – Уилка. В связи с отсутствием нормального распределения количественных признаков для определения статистической значимости различий в независимых выборках применяли критерий Манна – Уитни. При сравнении количественных признаков в нескольких группах использован *H*-критерий Краскела – Уоллиса.

Различия между выборочными долями оценивали с помощью метода углового преобразования Фишера. Во всех процедурах статистического анализа критический уровень значимости *p* принимали равным 0,05. В табл. 2 приведены следующие обозначения: *M* – среднее значение, *SE* – стандартная ошибка среднего, *P*16, *P*25, *P*50, *P*75, *P*84 – соответственно 16, 25, 50 (медиана), 75, 84-й перцентили поступления никеля с продуктами питания у населения региона. Выражением вида  $0,22 \pm 0,2 \%$  обозначались показатель и стандартная ошибка показателя.

**Результаты и их обсуждение.** По результатам оценки фактического питания медиана суточного поступления никеля у взрослого населения Омской области составила 0,130 мг/сут (0,100; 0,179) или 0,002 мг/кг/сут (0,001–0,0025). Установленный уровень значительно ниже уровня для населения Канады (0,22–0,41 мг/сут, 1995 г.) [22], но выше уровня поступления никеля у населения Германии (женское население – 0,090 мг/сут, мужское – 0,097 мг/сут, 1997 г.) [26] и населения Москвы (0,040–0,045 мг/сут при смешанном типе питания, 0,06–0,08 мг/сут у вегетарианцев и веганов [28]).

Необходимо отметить, что в настоящем исследовании данные о поступлении никеля с пищевыми

продуктами в целом соответствуют данным, приведенным в работе Д. Оберлиса с соавт. [8], об ориентировочно оптимальном уровне поступления никеля в организм человека (0,1–0,2 мг/сут). Однако установлено, что уровень поступления никеля существенно выше минимального необходимого уровня (0,04 мг/сут). Уровень поступления никеля ниже 0,04 мг/сут установлен у  $0,22 \pm 0,2 \%$  выборки (один респондент). Максимальное значение среднесуточного поступления достигло 0,609 мг/сут (один респондент,  $0,22 \pm 0,2 \%$  выборки), что выше верхней границы безопасного потребления по данным некоторых авторов (0,56–0,6 мг/сут, [26]), но ниже величины допустимого верхнего уровня потребления – 1,0 мг/сут (*UL*, *tolerable upper intake level*, [22]) и существенно ниже величины безопасного поступления никеля, рассчитанной для среднего веса взрослого человека (исходя из референтной дозы при хроническом пероральном поступлении никеля – 1,4 мг/кг/сут).

При гигиенической оценке полученных данных стоит обратиться к результатам исследования, проведенного в 2006–2009 гг.: в скрининговом биомониторинговом исследовании распространенности микроэлементозов среди населения Омской области было установлено, что медианное содержание никеля в волосах населения Омской области составило 0,25 (0,17; 0,47) мкг/г, что входило в диапазон референтных значений. При этом у 4,0 % исследуемых определено содержание никеля в волосах ниже референтных значений, и у 4,5 % исследуемых – выше референтных значений [29].

Можно констатировать, что полученные нами данные соответствуют приведенным результатам оценок обеспеченности никелем населения Западной Сибири в современных условиях и позволяют оценить вероятность формирования недостаточной обеспеченности никелем как низкую. Аналогичный вывод можно сделать и о вероятности развития патологических состояний, связанных с избыточным поступлением никеля с пищевыми продуктами.

Предлагаемая статистическая норма поступления никеля с пищевыми продуктами взрослым населением Западной Сибири составляет 0,088–0,196 мг/сут (интервал между 16-м и 84-м перцентилем). Статистическая норма – это такой уровень показателя, который соответствует средним качественно-количественным

<sup>6</sup> Мартинчик А.Н., Маев И.В., Петухов А.Б. Питание человека (Основы нутрициологии): учебное пособие. – М.: Всероссийский учебно-научно-методический центр по непрерывному медицинскому и фармацевтическому образованию, 2002. – 576 с.

<sup>7</sup> Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2014621096 Российская Федерация. Региональные таблицы химического состава продуктов питания, используемых населением Омской области: опубл. 05.08.2014 / Д.В. Турчанинов и др.; заявитель ФГБОУ ВО «Омский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации; Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2022620072 Российская Федерация. Содержание рубидия и никеля в пищевых продуктах и рационе населения Омской области: № 2021623305: заявл. 24.12.2021; опубл. 12.01.2022 / Д. В. Турчанинов, А. В. Брусенцова, Е. А. Вильмс, Н. Г. Ширлина; заявитель ФГБОУ ВО «Омский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

Таблица 2

Поступление никеля с пищевыми продуктами у взрослого населения Омской области, 2020 г. (мг/сут)

Группа населения	Количественная оценка пищевого поступления никеля, мг в сутки								p*
	n	M	SE	P16	P25	P50	P75	P84	
18–29 лет									
Оба пола	136	0,148	0,006	0,091	0,108	0,132	0,182	0,203	0,38
Мужчины	72	0,156	0,010	0,097	0,108	0,134	0,193	0,209	
Женщины	64	0,139	0,006	0,091	0,107	0,130	0,165	0,186	
30–44 года									
Оба пола	123	0,140	0,006	0,087	0,097	0,123	0,161	0,196	0,8
Мужчины	50	0,144	0,011	0,084	0,095	0,123	0,181	0,199	
Женщины	73	0,138	0,007	0,088	0,100	0,123	0,155	0,187	
45–64 года									
Оба пола	123	0,146	0,007	0,080	0,103	0,135	0,178	0,195	0,78
Мужчины	42	0,142	0,010	0,087	0,098	0,133	0,176	0,196	
Женщины	81	0,148	0,008	0,079	0,105	0,135	0,177	0,193	
65 лет и старше									
Оба пола	39	0,143	0,008	0,092	0,106	0,135	0,192	0,182	0,21
Мужчины	13	0,165	0,013	0,119	0,128	0,146	0,196	0,220	
Женщины	26	0,131	0,010	0,082	0,106	0,112	0,173	0,192	
Все взрослое население									
Оба пола	421	0,145	0,003	0,088	0,100	0,130	0,179	0,196	0,23
Мужчины	177	0,150	0,006	0,091	0,102	0,133	0,190	0,204	
Женщины	244	0,141	0,004	0,088	0,100	0,128	0,171	0,192	

Примечание: \* – статистическая значимость различий по полу внутри возрастной группы, U-критерий Манна – Уитни.

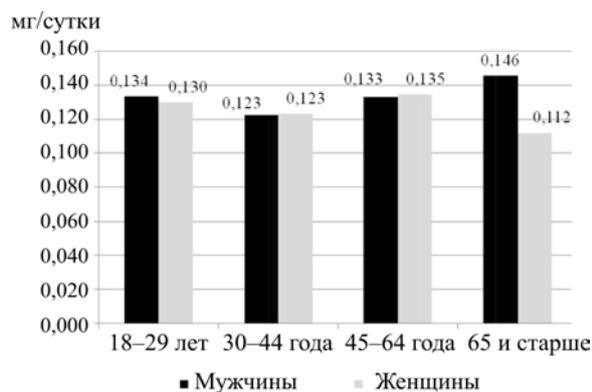


Рис. 1. Поступление никеля с пищевыми продуктами в различных возрастных группах у мужчин и женщин (Омская область, 2020 г., мг/сут)

показателям, полученным при обследовании представительной группы популяции людей того же возраста, пола, культуры и т.д. Эта величина может использоваться при индивидуальной качественной оценке поступления никеля с пищевыми продуктами.

Данные о поступлении никеля с пищевыми продуктами по возрастным группам 18–29, 30–44, 45–64 года, 65 лет и старше приведены в табл. 2.

Хотя значимых различий в поступлении никеля среди мужского и женского населения, населения различных возрастных групп не определено ( $p = 0,422$ ; N-критерий = 2,7), отмечена тенденция к более высокому поступлению никеля у мужчин в возрасте 65 лет и старше. Данная тенденция обусловлена тем, что мужчины в сравнении с женским

населением этой возрастной группы больше потребляют свежих томатов (потребление в 2,9 раза больше, чем у женщин), яблок, животной печени, говядины (потребление в 3–4 раза больше, чем у женщин) (рис. 1).

Представляет научный и практический интерес оценка вклада различных групп пищевых продуктов в поступление изучаемого микроэлемента в организм.

Основной вклад в поступление никеля с пищевыми продуктами внесли следующие группы продуктов: «Овощи» – 0,028 (0,017; 0,048) мг/сут (29,1 %), «Фрукты» – 0,015 (0,007; 0,033) мг/сут (16,2 %), «Напитки» – 0,016 (0,012; 0,028) мг/сут (16,8 %) (табл. 3).

Основными источниками никеля среди отдельных пищевых продуктов были: чай (20,8 %), свежие яблоки (13,9 %), шоколад, шоколадные конфеты (11,8 %), свежие помидоры (9,7 %) (табл. 4). Значимый вклад в поступление никеля в организм человека за счет свежих яблок, помидоров и чая обусловлен высоким уровнем потребления населением указанных пищевых продуктов, а шоколада и шоколадных конфет – высоким уровнем содержания (но не превышающим значения референтных концентраций) никеля в них.

Основной вклад в поступление никеля с пищевыми продуктами на территории Омской области внесли: продукция растительного происхождения – 65,0 %; напитки (чай, кофе, алкогольные напитки) – 22,2 %; продукты животного происхождения – 12,8 %. Эти данные существенно отличаются от

Таблица 3

Поступление никеля с основными группами пищевых продуктов  
(взрослое население Омской области, 2020 г., мг/сут)

№ п/п	Группа продуктов	Медиана поступления (P25, P75)	Вклад основных групп продуктов, %
1	Хлебобулочные изделия	0,004 (0,002; 0,008)	4,5
2	Каша, макаронны	0,005 (0,002; 0,009)	5,4
3	Овощи	0,028 (0,017; 0,048)	29,1
4	Фрукты	0,016 (0,007; 0,032)	16,2
5	Кондитерские изделия	0,009 (0,002; 0,030)	9,5
6	Масла, жиры	0,0007 (0,00036; 0,001)	0,7
7	Мясо и мясopодукты	0,009 (0,005; 0,018)	9,5
8	Рыба и морепродукты	0,0006 (0,0002; 0,001)	0,6
9	Молоко и молочные продукты	0,008 (0,003; 0,013)	7,7
10	Напитки	0,017 (0,012; 0,029)	16,8
	Всего	0,130 (0,100; 0,179)	100,0

Таблица 4

Вклад отдельных пищевых продуктов в суммарное поступление никеля в организм человека с группами пищевых продуктов 2020 г., %

№ п/п	Пищевой продукт	Вклад продуктов, %
1	Чай	20,8
2	Яблоки свежие	13,9
3	Шоколад, конфеты шоколадные	11,8
4	Помидоры свежие	9,7
5	Борщи, щи, овощные супы	4,3
6	Крупы (каши без молока, гарнир)	3,2
7	Молоко	2,6
8	Говядина в любом виде	2,2
9	Бобовые в любом виде (фасоль, горох, соя)	2,0
10	Другие	29,5
	Всего	100,0



Рис. 2. Вклад основных групп продуктов в поступление с рационом питания взрослого населения Омской области никеля в 2020 г. в различных возрастных группах, %

результатов изучения питания населения Германии (пища растительного происхождения – 49,0 %, напитки – 27 %, пища животного происхождения – 24 % [26],  $p < 0,05$ ).

Отмечена тенденция к росту поступления никеля с возрастом за счет групп продуктов «Овощи» (с 23,2 до 28,5 %), «Напитки», «Мясо и мясopодукты», «Молочные продукты» (рис. 2).

При этом в старших возрастах снижался вклад фруктов (с 17,1 до 13,5 %) и кондитерских изделий (с 16,9 до 6,1 %) в суточное поступление никеля, однако статистически значимых различий не установлено ( $p = 0,288$ ).

Данные тенденции, очевидно, определялись различной структурой фактического питания в возрастных группах.

**Выводы.** Установлены величины среднесуточного поступления никеля у населения Омской области, медиана составила 0,13 (0,100; 0,179) мг/сут. Предложена статистическая норма пищевого поступления никеля у взрослого населения Западной Сибири (0,088–0,196 мг/сут).

Значимых различий в уровнях поступления никеля с пищевыми продуктами у мужского и женского населения не отмечено. Также нет существенных различий этого показателя в различных возрастных группах.

Основной вклад в поступление никеля с пищевыми продуктами внесли следующие группы продуктов: «Овощи» – 29,1 %, «Фрукты» – 16,3 %, «Напитки» – 16,9 %. Основными источниками никеля среди пищевых продуктов у населения Омской области были: чай (20,8 %), свежие яблоки (13,9 %), шоколад, шоколадные конфеты (11,8 %), свежие помидоры (9,7 %). Значимый вклад в поступление никеля с пищевыми продуктами в организм человека в основном был обусловлен высоким уровнем потребления указанных пищевых продуктов, а не высокими концентрациями никеля в них.

Установлены значимые различия в структуре поступления никеля с пищевыми продуктами у населения региона Западной Сибири и населения Германии, определяющиеся различиями структуры рациона, что подчеркивает необходимость проведения исследований структуры питания в региональном аспекте для выявления групп и территорий риска.

Эта информация необходима для повышения диагностической эффективности системы надзора за питанием населения [36, 37].

Поступление никеля с пищевыми продуктами у исследуемого населения Омской области находилось на ориентировочно оптимальном уровне. Превышение верхней границы безопасного поступления отмечено у  $0,22 \pm 0,2$  % респондентов, в связи с чем вероятность развития патологических процессов, связанных с недостаточным или избыточным алиментарным поступлением никеля, может быть оценена как низкая. Этот вывод также подтверждается результатами ранее проведенных оценок обеспеченности никелем населения Западной Сибири.

Таким образом, в исследовании получена новая для гигиенической науки информация об уровнях пищевого поступления никеля у различных возрастно-половых групп населения Западной Сибири в современных условиях; идентифицированы пищевые продукты – приоритетные источники никеля в рационе.

**Финансирование.** Анализ материалов исследования и подготовка рукописи статьи осуществлены в рамках выполнения Государственного задания Министерства здравоохранения Российской Федерации № 056-00031-21, проект «Разработка риск-ориентированных технологий многоуровневой профилактики алиментарно-зависимых социально-значимых болезней».

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

### Список литературы

1. Микроэлементозы человека: монография / А.П. Авцын, А.А. Жаворонков, М.А. Риш, Л.С. Строчкова. – М.: Медицина, 1991. – 300 с.
2. Москалев Ю.И. Минеральный обмен: монография. – М.: Медицина, 1985. – 288 с.
3. Boer J.L., Mulrooney S.B., Hausinger R.P. Nickel-dependent metalloenzymes // Arch. Biochem. Biophys. – 2014. – Vol. 544. – P. 142–152. DOI: 10.1016/j.abb.2013.09.002
4. Ragsdale S.W. Nickel-based Enzyme Systems // J. Biol. Chem. – 2009. – Vol. 284, № 28. – P. 18571–18575. DOI: 10.1074/jbc.R900020200
5. Содержание кобальта, никеля и свинца в системе мать – плацента – плод у детей с перинатальным гипоксическим поражением центральной нервной системы / И.В. Тарасова, Л.А. Турова, С.Н. Касян, А.А. Романовская // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Медицина. Фармация. – 2014. – Т. 195, № 24. – С. 82–87.
6. Гальченко А.В., Шерстнева А.А. Условно-эссенциальные ультрамикроэлементы в питании вегетарианцев и веганов: никель, литий, ванадий, германий // Микроэлементы в медицине. – 2021. – Т. 22, № 2. – С. 3–16. DOI: 10.19112/2413-6174-2021-22-2-3-16
7. Белоусов М.И., Шоломов И.И., Елисеев Ю.Ю. Антропогенное загрязнение городской среды кадмием и никелем и его возможное влияние на развитие рассеянного склероза // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2014. – Т. 16, № 5–2. – С. 764–768.
8. Оберлис Д., Харланд Б., Скальный А. Биологическая роль макро- и микроэлементов у человека и животных: монография. – СПб.: Наука, 2008. – 544 с.
9. Toxicological profile for nickel [Электронный ресурс]. – Atlanta, Georgia: U.S. Department of health and human services, 2005. – URL: <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp15.pdf> (дата обращения: 23.12.2021).
10. Air quality guidelines for Europe, 2nd edition (WHO regional publications. European series; No. 91) [Электронный ресурс] // World Health Organization. – URL: [https://www.euro.who.int/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0014/123080/AQG2ndEd\\_6\\_10Nickel.pdf](https://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0014/123080/AQG2ndEd_6_10Nickel.pdf) (дата обращения: 23.12.2021).
11. Update of the risk assessment of nickel in food and drinking water / EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM), D. Schrenk, M. Bignami, L. Bodin, J.K. Chipman, J. Del Mazo, B. Grasl-Kraupp, C. Hogstrand [et al.] // EFSA Journal. – 2020. – Vol. 18, № 11. – P. e06268. DOI: 10.2903/j.efsa.2020.6268
12. Barceloux D.G. Nickel // J. Toxicol. Clin. Toxicol. – 1999. – Vol. 37, № 2. – P. 239–258. DOI: 10.1081/clk-100102423

13. Occupational toxicology of nickel and nickel compounds / J. Zhao, X. Shi, V. Castranova, M. Ding // J. Environ. Pathol. Toxicol. Oncol. – 2009. – Vol. 28, № 3. – P. 177–208. DOI: 10.1615/jenvironpatholtoxicoloncol.v28.i3.10
14. Angerer J. Nickel (readily soluble nickel compounds, e.g. nickel acetate and similar soluble salts, nickel chloride, nickel hydroxide, nickel sulfate) [BAT Value Documentation, 2010] [Электронный ресурс] // The MAK-Collection for Occupational Health and Safety: Annual Thresholds and Classifications for the Workplace. – 2010. – 185 p. – URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/3527600418.bb744002vere0005> (дата обращения: 25.11.2021).
15. Nickel Allergic Contact Dermatitis: Identification, Treatment, and Preventio / N.B. Silverberg, J.L. Pelletier, S.E. Jacob, L.C. Schneider // Pediatrics. – 2020. – Vol. 145, № 5. – P. e20200628. DOI: 10.1542/peds.2020-0628
16. Influence of dietary factors, age and nickel contact dermatitis on nickel excretion / U. Darsow, M. Fedorov, U. Schwegler, D. Twardella, K.H. Schaller, R. Habernegg, H. Fromme, J. Ring, H. Behrendt // Contact Dermatitis. – 2012. – Vol. 67, № 6. – P. 351–358. DOI: 10.1111/j.1600-0536.2012.02153.x
17. Experimental systemic contact dermatitis from nickel: a dose-response study / C.S. Jensen, T. Menné, S. Lisby, J. Kristiansen, N.K. Veien // Contact Dermatitis. – 2003. – Vol. 49, № 3. – P. 124–132. DOI: 10.1111/j.0105-1873.2003.00157.x
18. Does airborne nickel exposure induce nickel sensitization? / E. Mann, U. Ranft, G. Eberwein, D. Gladtko, D. Sugiri, H. Behrendt, J. Ring, T. Schäfer [et al.] // Contact Dermatitis. – 2010. – Vol. 62, № 6. – P. 355–362. DOI: 10.1111/j.1600-0536.2010.01725.x
19. Jensen C.S., Menné T., Johansen J.D. Systemic contact dermatitis after oral exposure to nickel: a review with a modified meta-analysis // Contact Dermatitis. – 2006. – Vol. 54, № 2. – P. 79–86. DOI: 10.1111/j.0105-1873.2006.00773.x
20. Grandjean P. Human exposure to nickel // IARC Sci. Publ. – 1984. – № 53. – P. 469–485.
21. Bennett B.G. Exposure of man to environmental nickel—an exposure commitment assessment // Science of The Total Environment. – 1982. – Vol. 22, № 3. – P. 203–212. DOI: 10.1016/0048-9697(82)90065-1
22. Institute of Medicine (US) Panel on Micronutrients. Dietary Reference Intakes for Vitamin A, Vitamin K, Arsenic, Boron, Chromium, Copper, Iodine, Iron, Manganese, Molybdenum, Nickel, Silicon, Vanadium, and Zinc. – Washington (DC): National Academies Press, 2001. – 773 p. DOI: 10.17226/10026
23. Nickel in foods sampled on the Belgian market: identification of potential contamination sources / M. Babaahmadi-fooladi, L. Jaxsens, B. De Meulenaer, G. Du Laing // Food Addit. Contam. Part A Chem. Anal. Control Expo. Risk Assess. – 2020. – Vol. 37, № 4. – P. 607–621. DOI: 10.1080/19440049.2020.1714751
24. Войнар А.О. Значение микроэлементов в организме человека и животных. – М.: Знание, 1963. – 560 с.
25. Molecular mechanisms of nickel induced neurotoxicity and chemoprevention / X. Song, S.S. Fiati Kenston, L. Kong, J. Zhao // Toxicology. – 2017. – Vol. 392. – P. 47–54. DOI: 10.1016/j.tox.2017.10.006
26. Анке М., Мюллер Р., Шефер У. Потребление, совокупное усвоение, баланс микроэлементов и риск его нарушения у взрослых людей на смешанной диете и вегетарианцев, потребляющих в пищу молоко и яйца // Микроэлементы в медицине. – 2005. – Т. 6, № 2. – С. 1–14.
27. Изучение фактического питания с помощью анализа частоты потребления пищи: создание вопросника и оценка достоверности метода / А.Н. Мартинчик, А.К. Батулин, В.С. Баева, Е.В. Пескова // Профилактика заболеваний и укрепление здоровья. – 1998. – № 5. – С. 14–19.
28. Сидорова Е.И., Гальченко А.В. Никель: потребление и содержание в крови среди групп с различным пищевым поведением // Микроэлементы в медицине. – 2021. – № S1. – С. 60–62. DOI: 10.19112/2413-6174-2021-S1-30
29. Сравнительный анализ микроэлементного состава волос городских жителей Западной Сибири / Е.А. Вильмс, Н.В. Гогодзе, Д.В. Турчанинов, Т.Я. Корчина // Гигиена и санитария. – 2015. – Т. 94, № 7. – С. 99–103.
30. Турчанинов Д.В., Вильмс Е.А., Боярская Л.А. Концепция разработки системы управления патологией, связанной с нерациональным питанием, и направления ее внедрения // Информатика и системы управления. – 2009. – Т. 22, № 4. – С. 152–154.
31. Надзор за питанием населения Российской Федерации: современное состояние и перспективы развития / Е.А. Вильмс, Д.В. Турчанинов, Н.В. Гогодзе, И.А. Сохошко // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 7–1. – С. 31–35.

*Гигиеническая оценка безопасности поступления никеля с пищевыми продуктами у взрослого населения региона Западной Сибири / А.В. Брусенцова, Д.В. Турчанинов, И.А. Сохошко, Т.А. Юнацкая // Анализ риска здоровью. – 2023. – № 1. – С. 63–72. DOI: 10.21668/health.risk/2023.1.07*

UDC 613.2

DOI: 10.21668/health.risk/2023.1.07.eng

Read  
online

Research article

## HYGIENIC ASSESSMENT TO IDENTIFY ABSENCE OF HARM TO ADULTS IN A WESTERN SIBERIA REGION WHEN NICKEL IS INTRODUCED WITH FOODS

**A.V. Brusentsova, D.V. Turchaninov, I.A. Sokhoshko, T.A. Yunatskaya**

Omsk State Medical University, 12 Lenina Str., Omsk, 644099, Russian Federation

*In this study, nickel intake with foods was estimated in adults living in the Omsk region. The estimation was based on analyzing how frequently variable foods were consumed by a representative sample (n = 421, 2020).*

*The median of average daily nickel intake with foods equaled 0.13 mg/day (0.100; 0.179). The level between 0.088 and 0.196 mg/day was suggested as a statistical standard of nickel intake with foods for adults living in Western Siberia. We did not establish any significant differences in nickel intake with foods between men and women and between all the age groups.*

*In all the analyzed age groups, a major contribution to nickel intake with foods was made by vegetables (29.1 %), fruits (16.3 %), and drinks (16.9 %). As for specific food products, we identified several major sources of the metal including tea (20.8 %), fresh apples (13.9 %), chocolate bars and chocolate sweets (11.8 %), and fresh tomatoes (9.7 %).*

*We established significant differences in the structure of nickel intake with foods among the analyzed population in the Omsk region and people living in the central Europe. In the Omsk region, a much greater contribution was made by plant-based foods (65.0 % in the Omsk region and 49.0 % in the central Europe) and contributions made by drinks and animal-based foods were substantially lower. These results highlight the necessity to investigate specific regional diets to identify risk groups and territories with elevated health risks.*

*Nickel intake with foods was considered tentative optimal for the analyzed population.*

**Keywords:** nickel, foods, Western Siberia, adults, nutritional hygiene, actual diet, ultratrace elements, micronutrients.

### References

1. Avtsyn A.P., Zhavoronkov A.A., Rish M.A., Strochkova L.S. Mikroelementy cheloveka: monografiya [Improper microelement status in humans]. Moscow, Meditsina Publ., 1991, 300 p. (in Russian).
2. Moskalev U.I. Mineralnyi obmen: monografiya [Mineral exchange]. Moscow, Meditsina Publ., 1985, 288 p. (in Russian).
3. Boer J.L., Mulrooney S.B., Hausinger R.P. Nickel-dependent metalloenzymes. *Arch. Biochem. Biophys.*, 2014, vol. 544, pp. 142–152. DOI: 10.1016/j.abb.2013.09.002
4. Ragsdale S.W. Nickel-based Enzyme Systems. *J. Biol. Chem.*, 2009, vol. 284, no. 28, pp. 18571–18575. DOI: 10.1074/jbc.R900020200
5. Tarasova I.V., Turova L.A., Kasian S.N., Romanovskaya A.A. Soderzhanie kobal'ta, nikelya i svintsa v sisteme mat' – platsenta – plod u detei s perinatal'nym gipoksicheskim porazheniem tsentral'noi nervnoi sistemy [The content of cobalt, nickel and lead in the mother-placenta-fetus system in children with perinatal hypoxic lesions of the central nervous system]. *Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Meditsina. Farmatsiya*, 2014, vol. 195, no. 24, pp. 82–87 (in Russian).
6. Galchenko A.V., Sherstneva A.A. Conditionally essential ultra trace elements in nutrition of vegetarians and vegans. Nickel, lithium, vanadium, germanium. *Mikroelementy v meditsine*, 2021, vol. 22, no. 2, pp. 3–16. DOI: 10.19112/2413-6174-2021-22-2-3-16 (in Russian).
7. Belousov M.I., Sholomov I.I., Eliseev Iu.Iu. Anthropogenic pollution of the urban environment by cadmium and nickel and its possible influence on the development of multiple sclerosis. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiiskoi akademii nauk*, 2014, vol. 16, no. 5–2, pp. 764–768 (in Russian).
8. Oberlis D., Kharland B., Skal'nyi A. Biologicheskaya rol' makro- i mikroelementov u cheloveka i zhivotnykh: monografiya [Anthropogenic pollution of the urban environment with cadmium and nickel and its possible impact on the development of multiple sclerosis: monograph]. St. Petersburg, Nauka Publ., 2008, 544 p. (in Russian).

© Brusentsova A.V., Turchaninov D.V., Sokhoshko I.A., Yunatskaya T.A., 2023

**Anna V. Brusentsova** – Candidate of Medical Sciences, Associate Professor of the Department of Hygiene and Human Nutrition (e-mail: anna4855@mail.ru; tel.: +7 (3812) 65-00-95; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8796-7526>).

**Denis V. Turchaninov** – Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Department of Hygiene and Human Nutrition (e-mail: omskgsen@yandex.ru; tel.: +7 (3812) 65-00-95; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6298-4872>).

**Igor A. Sokhoshko** – Doctor of Medical Sciences, Professor at the Department of Hygiene and Human Nutrition (e-mail: sokho-igor@yandex.ru; tel.: +7 (3812) 65-00-95; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2956-5692>).

**Tatyana A. Yunatskaya** – Candidate of Medical Sciences, Associate Professor of the Department of Hygiene and Human Nutrition (e-mail: yunatskaya@inbox.ru; tel.: +7 (3812) 65-00-95; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1787-0550>).

9. Toxicological profile for nickel. Atlanta, Georgia, U.S. Department of health and human services, 2005. Available at: <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp15.pdf> (December 23, 2021).
10. Air quality guidelines for Europe, 2nd edition (WHO regional publications. European series; No. 91). WHO. Available at: [https://www.euro.who.int/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0014/123080/AQG2ndEd\\_6\\_10Nickel.pdf](https://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0014/123080/AQG2ndEd_6_10Nickel.pdf) (December 23, 2021).
11. EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM), Schrenk D., Bignami M., Bodin L., Chipman J.K., Del Mazo J., Grasl-Kraupp B., Hogstrand C. [et al.]. Update of the risk assessment of nickel in food and drinking water. *EFSA J.*, 2020, vol. 18, no. 11, pp. e06268. DOI: 10.2903/j.efsa.2020.6268
12. Barceloux D.G. Nickel. *J. Toxicol. Clin. Toxicol.*, 1999, vol. 37, no. 2, pp. 239–258. DOI: 10.1081/ctt-100102423
13. Zhao J., Shi X., Castranova V., Ding M. Occupational toxicology of nickel and nickel compounds. *J. Environ. Pathol. Toxicol. Oncol.*, 2009, vol. 28, no. 3, pp. 177–208. DOI: 10.1615/jenvironpatholtoxiconcol.v28.i3.10
14. Angerer J. Nickel (readily soluble nickel compounds, e.g. nickel acetate and similar soluble salts, nickel chloride, nickel hydroxide, nickel sulfate) [BAT Value Documentation, 2010]. *The MAK-Collection for Occupational Health and Safety: Annual Thresholds and Classifications for the Workplace*, 2010, 185 p. Available at: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/3527600418.bb744002vere0005> (November 25, 2022).
15. Silverberg N.B., Pelletier J.L., Jacob S.E., Schneider L.C. Nickel Allergic Contact Dermatitis: Identification, Treatment, and Prevention. *Pediatrics*, 2020, vol. 145, no. 5, pp. e20200628. DOI: 10.1542/peds.2020-0628
16. Darsow U., Fedorov M., Schwegler U., Twardella D., Schaller K.H., Habernegg R., Fromme H., Ring J., Behrendt H. Influence of dietary factors, age and nickel contact dermatitis on nickel excretion. *Contact Dermatitis*, 2012, vol. 67, no. 6, pp. 351–358. DOI: 10.1111/j.1600-0536.2012.02153.x
17. Jensen C.S., Menné T., Lisby S., Kristiansen J., Veien N.K. Experimental systemic contact dermatitis from nickel: a dose-response study. *Contact Dermatitis*, 2003, vol. 49, no. 3, pp. 124–132. DOI: 10.1111/j.0105-1873.2003.00157.x
18. Mann E., Ranft U., Eberwein G., Gladtko D., Sugiri D., Behrendt H., Ring J., Schäfer T. [et al.]. Does airborne nickel exposure induce nickel sensitization? *Contact Dermatitis*, 2010, vol. 62, no. 6, pp. 355–362. DOI: 10.1111/j.1600-0536.2010.01725.x
19. Jensen C.S., Menné T., Johansen J.D. Systemic contact dermatitis after oral exposure to nickel: a review with a modified meta-analysis. *Contact Dermatitis*, 2006, vol. 54, no. 2, pp. 79–86. DOI: 10.1111/j.0105-1873.2006.00773.x
20. Grandjean P. Human exposure to nickel. *IARC Sci. Publ.*, 1984, no. 53, pp. 469–485.
21. Bennett B.G. Exposure of man to environmental nickel – an exposure commitment assessment. *Sci. Total Environ.*, 1982, vol. 22, no. 3, pp. 203–212. DOI: 10.1016/0048-9697(82)90065-1
22. Institute of Medicine (US) Panel on Micronutrients. Dietary Reference Intakes for Vitamin A, Vitamin K, Arsenic, Boron, Chromium, Copper, Iodine, Iron, Manganese, Molybdenum, Nickel, Silicon, Vanadium, and Zinc. Washington, DC, National Academies Press, 2001, 773 p. DOI: 10.17226/10026
23. Babaahmadifooladi M., Jaxsens L., De Meulenaer B., Du Laing G. Nickel in foods sampled on the Belgian market: identification of potential contamination sources. *Food Addit. Contam. Part A Chem. Anal. Control Expo. Risk Assess.*, 2020, vol. 37, no. 4, pp. 607–621. DOI: 10.1080/19440049.2020.1714751
24. Voinar A.O. Znachenie mikroelementov v organizme cheloveka i zhivotnykh [The importance of trace elements in the human and animal body]. Moscow, Znanie Publ., 1963, 560 p. (in Russian).
25. Song X., Fiati Kenston S.S., Kong L., Zhao J. Molecular mechanisms of nickel induced neurotoxicity and chemoprevention. *Toxicology*, 2017, vol. 392, pp. 47–54. DOI: 10.1016/j.tox.2017.10.006
26. Anke M., Myuller R., Shefer U. Potreblenie, sovokupnoe usvoenie, balans mikroelementov i risk ego narusheniya u vzroslykh lyudei na smeshannoi diete i vegetariantsev, potrebyayushchikh v pishchu moloko i yaitsa [Intake, cumulative absorption, micronutrient balance and risk of imbalance in adults on mixed diets and vegetarians on milk and eggs]. *Mikroelementy v meditsine*, 2005, vol. 6, no. 2, pp. 1–14 (in Russian).
27. Martinchik A.N., Baturin A.K., Baeva B.C., Peskova E.V. Izuchenie fakticheskogo pitaniya s pomoshch'yu analiza chastoty potrebleniya pishchi: sozdanie voprosnika i otsenka dostovernosti metoda [Examining actual nutrition by eating frequency analysis: creating a questionnaire and evaluating the validity of the method]. *Profilaktika zabolevaniy i ukreplenie zdorov'ya*, 1998, no. 5, pp. 14–19 (in Russian).
28. Sidorova E.I., Galchenko A.V. Nickel: consumption and serum concentrations in groups with different nutritional behavior. *Mikroelementy v meditsine*, 2021, no. S1, pp. 60–62. DOI: 10.19112/2413-6174-2021-S1-30 (in Russian).
29. Vilms E.A., Gogadze N.V., Turchaninov D.V., Korchina T.Ya. Comparative analysis of trace element composition of hair in urban residents of Western Siberia. *Gigiena i sanitariya*, 2015, vol. 94, no. 7, pp. 99–103 (in Russian).
30. Turchaninov D.V., Vilms E.A., Boyarskaya L.A. Kontseptsiya razrabotki sistemy upravleniya patologiei, svyazanoi s neratsional'nym pitaniem, i napravleniya ee vnedreniya [The concept of developing a system for managing pathology associated with malnutrition and directions for its implementation]. *Informatika i sistemy upravleniya*, 2009, vol. 22, no. 4, pp. 152–154 (in Russian).
31. Vilms E.A., Turchaninov D.V., Gogadze N.V., Sokhoshko I.A. Nutrition surveillance in the Russian Federation: the current state and prospects of development. *Fundamental'nye issledovaniya*, 2013, no. 7–1, pp. 31–35 (in Russian).

*Brusentsova A.V., Turchaninov D.V., Sokhoshko I.A., Yunatskaya T.A. Hygienic assessment to identify absence of harm to adults in a Western Siberia region when nickel is introduced with foods. Health Risk Analysis, 2023, no. 1, pp. 63–72. DOI: 10.21668/health.risk/2023.1.07.eng*

Получена: 15.07.2022

Одобрена: 09.02.2023

Принята к публикации: 10.03.2023