

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco217703>

Содержание селена в волосах населения Республики Молдова

М.В. Капитальчук¹, Н.А. Голубкина², И.П. Капитальчук¹¹ Приднестровский государственный университет им. Т.Г. Шевченко, Тирасполь, Республика Молдова;² Федеральный научный центр овощеводства, Московская область, Одинцово, пос. ВНИИССОК, Российская Федерация

АННОТАЦИЯ

Введение. Экосистемы Республики Молдова характеризуются высоким содержанием эссенциального элемента селена (Se), однако данные по его концентрации в волосах населения этой страны отсутствуют.

Цель. Провести количественную оценку содержания Se в волосах населения Республики Молдова.

Методы. Проведено поперечное исследование. Образцы волос собраны у 301 участника в возрасте от 1 года до 94 лет. Данные сгруппированы по полу (мужчины и женщины) и по возрасту (до 18 лет, 18–44 года, 45–59 лет, 60 и более лет). Содержание Se в волосах определяли флуориметрическим методом с использованием флуориметра «Флюорат 02-5М» («Люмэкс», Россия). В качестве референс-стандарта использовали образец волос GBW 09101b. Для обработки данных применяли пакет статистических программ SPSS 23.0. Проверку выборок на нормальность распределения осуществляли по критерию Колмогорова–Смирнова с коррекцией значимости Лиллиефорса. Сравнение двух независимых выборок проводили с помощью непараметрического критерия Манна–Уитни, более двух независимых выборок — с использованием непараметрического критерия Краскела–Уоллиса.

Результаты. Концентрации Se в волосах населения Молдавии заключены в интервале 148–5000 мкг/кг, среднее арифметическое $M=697$ мкг/кг, 95% доверительный интервал CI: 636–758 мкг/кг, стандартное отклонение $SD=538$ мкг/кг, среднее геометрическое $G=598$ мкг/кг, медиана $Me=584$ мкг/кг. Средние значения концентрации Se в волосах женщин ($M=659$ мкг/кг и $G=565$ мкг/кг) меньше, чем в волосах мужчин ($M=769$ мкг/кг и $G=666$ мкг/кг) на статистически значимом уровне ($p=0,004$). Среднее геометрическое G в возрастных группах последовательно увеличивается с повышением возраста (540→585→601→741 мкг/кг). Различия между возрастными группами статистически значимы ($p=0,026$).

Заключение. Впервые для Республики Молдова, которая относится к странам с высоким содержанием Se в окружающей среде, проведена количественная оценка содержания этого микроэлемента в волосах населения. Среднее значение концентрации Se в волосах ($M=697$ мкг/кг) схоже с аналогичным показателем для жителей соседней Одесской области Украины (650 мкг/кг), биогеохимические условия в которой сходны с территорией Республики Молдова. Установлены статистически значимые различия содержания Se между группами мужчин и женщин. Выявлено, что по мере увеличения возраста концентрация Se в волосах жителей Республики Молдова повышается.

Ключевые слова: селен; волосы; население; Республика Молдова.

Как цитировать:

Капитальчук М.В., Голубкина Н.А., Капитальчук И.П. Содержание селена в волосах населения Республики Молдова // Экология человека. 2023. Т. 30, № 5. С. 363–373. DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco217703>

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco217703>

Hair concentrations of selenium in the Moldovan population

Marina V. Kapitalchuk¹, Nadezhda A. Golubkina², Ivan P. Kapitalchuk¹

¹ Shevchenko State University of Pridnestrovie, Tiraspol, The Republic of Moldova;

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

ABSTRACT

BACKGROUND: There is a substantial body of evidence indicating that the ecosystems in the Republic of Moldova contain a significant amount of selenium. However, little is known regarding the levels of this essential element in the hair of the country's population.

AIM: To assess hair concentrations of selenium in the population of the Republic of Moldova.

METHODS: A cross-sectional study. Hair samples were collected from 301 participants aged 1–94 years. The data were presented and analyzed by gender and across the following age-groups: under 18, 18–44, 45–59 and 60+ years old. Determination of hair selenium concentration was carried out by fluorimetric method using Fluorat 02-5M fluorimeter (Lumex, Russia). Hair sample GBW 09101b was used as a reference standard. The statistical software package SPSS 23.0 was used for data processing. Normal distribution of the continuous variables was tested using Kolmogorov–Smirnov tests with Lilliefors significance correction. Mann–Whitney tests were used for comparing selenium concentrations while Kruskal–Wallis tests were used for selenium concentrations across age-groups.

RESULTS: Selenium concentrations in the hair of the population of Moldova ranged between 148 and 5000 µg/kg with arithmetic mean (M)=697 µg/kg, 95% confidence interval CI: 636–758 µg/kg, standard deviation (SD)=538 µg/kg, geometric mean (G)=598 µg/kg, median (Me)=584 µg/kg. The average values of selenium concentration in the hair of the women (M=659 µg/kg, G=565 µg/kg) were significantly lower than those among the men (M=769 µg/kg, G=666 µg/kg), $p=0.004$. Geometric means of selenium concentrations increased with age (540→585→601→741 µg/kg), $p=0.026$.

CONCLUSION: This is the first study providing the evidence on hair concentration of selenium among the residents of Moldova. The results are congruent with earlier findings from the neighboring Odesa region of Ukraine with similar biogeochemical conditions. Significant gender differences in the concentration of selenium were observed. Moreover, hair concentration of selenium increased with age.

Keywords: selenium; hair; population; Republic of Moldova.

To cite this article:

Kapitalchuk MV, Golubkina NA, Kapitalchuk IP. Hair concentrations of selenium in the Moldovan population. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2023;30(5):363–373. DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco217703>

Received: 11.02.2023

Accepted: 13.07.2023

Published online: 13.08.2023

ВВЕДЕНИЕ

В течение первой половины XX столетия селен (Se) рассматривался научным сообществом как токсичный и канцерогенный элемент, и только в 1957 году было выяснено, что он является эссенциальным нутриентом. В настоящее время широко известно, что Se выполняет функцию антиоксиданта, повышает иммунобиологическую реактивность организма и защищает организм от некоторых вирусных инфекций, повышает восприятие сетчаткой глаза световых лучей, положительно влияет на репродуктивную функцию, снижает риск возникновения и развития сердечно-сосудистых и онкологических заболеваний, способствует выведению тяжёлых металлов из организма [1–3].

Среднесуточное потребление Se человеком колеблется от 10 мкг/сут в селенодефицитных местностях до 1400 мкг/сут и более в районах селенозов. Оптимальный уровень потребления Se составляет 50–200 мкг/сут, максимальный безопасный уровень — 400 мкг/сут, уровень проявления токсикозов — более 800 мкг/сут, верхний допустимый предел однократного приёма — 3500 мкг [1]. Уровень потребления Se, рекомендуемый FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) и B03, составляет не менее 26 мкг/день для женщин и 34 мкг/день — для мужчин [4]. В Российской Федерации физиологическая норма потребления Se установлена для взрослых женщин — 55 мкг/сут, мужчин — 70 мкг/сут [5].

Глубокий дефицит Se в пищевой цепи обуславливает риск возникновения различных патологий у людей, в том числе специфических эндемических заболеваний: кардиомиопатии (болезнь Кешана) и остеоартропатии (болезнь Кашина–Бека), катаракты, бесплодия у мужчин, облысения, медленного роста у детей. Кроме того, при недостатке Se имеется высокий риск заболевания многими формами рака, также высока восприимчивость к инфекциям [1]. Токсичные дозы Se в пище вызывают хронический селеноз, проявляющийся в виде потери массы тела, изменения ногтей, дерматитов, облысения, расстройства желудочно-кишечного тракта, снижения плодovitости и уродства у потомства. Однако случаи с проявлением селенозов достаточно редки, в то время как недостаток Se в диете испытывают до 80% населения [3].

Таким образом, оптимизация потребления Se населением для предотвращения заболеваний, связанных с дефицитом или избытком этого микроэлемента, является одной из актуальных задач современного здравоохранения. Причём приоритетным направлением в рамках данной задачи является коррекция Se-дефицита, которая подразделяется на индивидуальную, групповую и тотальную [2]. Индивидуальная и групповая коррекция Se-дефицита в принципе может быть проведена путём использования селеновых препаратов и пищевых добавок. В случае тотальной коррекции, актуальной

для Se-дефицитных биогеохимических провинций, правильнее говорить не о повышении Se-статуса населения, а о повышении Se-статуса территории, поскольку уровень обеспеченности тем или иным элементом зависит прямо или косвенно от особенностей его аккумуляции и миграции во всех звеньях пищевой цепи. В связи с этим разработке мероприятий по коррекции Se-дефицита должен предшествовать системный биогеохимический мониторинг территории, включающий определение и контроль содержания Se в компонентах окружающей среды (почва, сельскохозяйственные растения, природные воды) и продуктах питания, а также диагностику Se-статуса животных и человека [1].

В настоящее время во многих регионах мира выявлены обширные территории с недостатком Se в почве, воде, кормах и продуктах. В России территории с дефицитом Se в окружающей среде наиболее распространены в обширной зоне Нечерноземья, в Восточной Сибири и отдельных районах Дальнего Востока [2].

В Румынии, граничащей с Республикой Молдова с запада, в семи районах средняя концентрация общего Se в почве варьирует в интервале 143–766 мкг/кг, мобильного Se — 4–22 мкг/кг. В основном низкие концентрации Se зафиксированы в пастбищных (25 ± 42 мкг/кг) и кормовых (19 ± 14 мкг/кг) растениях из Фэгэрашской впадины [6], зелёных растениях пшеницы (39 ± 18 мкг/кг) и зерне (130 ± 111 мкг/кг) из Юго-Восточной Румынской равнины, зелёных растениях пшеницы (22 ± 14 мкг/кг) и зерне (менее 0,5 мкг/кг) из Центральной и Южной Добруджи [7]. Однако эти районы Румынии непосредственно не примыкают к территории Молдавии.

В Одесской области Украины, примыкающей к границе Республики Молдова с востока, юго-востока и юга, содержание Se установлено в важнейших звеньях пищевой цепи: почве (общий Se) — 165–690 мкг/кг при среднем содержании 350 мкг/кг; зерне местной пшеницы — 160–190 мкг/кг; хлебе — 80–480 мкг/кг; организме человека (в сыворотке крови — 66–644 мкг/л при среднем значении 122 ± 15 мкг/л; в волосах — в среднем 650 мкг/кг) [8]. В отличие от Румынии, где выделяются отдельные Se-дефицитные районы, в целом на территории Одесской области наблюдается монотонное распределение Se в почве, наиболее низкий фон этого элемента ($233\text{--}275$ мкг/кг) отмечается в почве юго-западных районов вблизи границы с Румынией.

В экосистемах Молдавии Se изучен более детально, чем в соседних странах. В почвенных образцах, отобранных в 139 ареалах основных типов почв на всей территории Молдавии, концентрация Se варьировала в интервале 100–668 мкг/кг при среднем значении 246 ± 73 мкг/кг [9], что сопоставимо с концентрацией Se в почвах Юго-Восточной Румынской равнины и несколько ниже по сравнению с Одесской областью Украины. Исходя из градаций обеспеченности почв общим Se, установленных J. Тап и соавт. [10], в среднем почвы Молдавии содержат

оптимальное количество Se (более 175 мкг/кг). Имеются ареалы с относительным недостатком (125–175 мкг/кг) и дефицитом (менее 125 мкг/кг) данного микроэлемента.

В геохимических условиях долины Днестра сельскохозяйственные растения накапливают Se в количестве от 80 до 166 мкг/кг (в надземной части растений) и 78–157 мкг/кг — в зерне. Мощными аккумуляторами Se оказались грибы, в частности шампиньон двуспоровый (*Agaricus bisporus*), в котором для экосистем днестровской долины зафиксированы концентрации Se в диапазоне значений 1980–24 920 мкг/кг сухого вещества [11]. Активно аккумулируется Se в грецких орехах (258 ± 64 мкг/кг) [12], в мышечной ткани диких (дикий кабан — 373–394 мкг/кг, заяц-русак — 155–228 мкг/кг, птицы — 89–1158 мкг/кг) и сельскохозяйственных (свины, крупный и мелкий рогатый скот — 135–348 мкг/кг; кролики — 153–308 мкг/кг; куры, утки, гуси — 147–590 мкг/кг) животных [13].

Водные экосистемы Молдавии характеризуются высоким содержанием Se, концентрация которого колеблется в поверхностных и грунтовых водах от 0,2 до 6,1 мкг/л при среднем значении 1,8 мкг/л; в водорослях и водных растениях — от 19 до 2917 мкг/кг [14]; в донных отложениях водоёмов — от 95 до 345 мкг/кг при среднем значении 209 ± 80 мкг/кг [15]; в мышечной ткани рыб фоновых водных объектов — от 323 до 517 мкг/кг и водоёмов рыбных хозяйств — от 409 до 646 мкг/кг; в мышечной ткани водоплавающих птиц в фоновых водоёмах — до 1158 мкг/кг и до 2370 мкг/кг — в Кучурганском водохранилище, находящемся под воздействием крупной тепловой электростанции [13]. Таким образом, наземные и водные экосистемы Молдавии обладают высоким Se-статусом, в некоторых случаях в мышечной ткани птиц зафиксировано превышение предельно допустимых концентраций (1000 мкг/кг), установленных для мясopодуlктов [16].

Поскольку богатые Se мясо и рыба наряду с зерновыми являются важными элементами в диете жителей Молдавии, следует ожидать высокого Se-статуса населения этой страны. Другие продукты питания местного происхождения также содержат значительное количество Se: хлеб чёрный — 110 ± 32 мкг/кг, белый — 193 ± 66 мкг/кг; куриное яйцо 356 ± 39 мкг/кг; брынза коровья — 363 ± 97 мкг/кг, козья — 367 ± 12 мкг/кг, овечья — 512 ± 27 мкг/кг сухой массы [17].

Оценка содержания элементов в организме человека проводится посредством определения их концентрации в различных биосубстратах: в цельной крови, сыворотке/плазме крови, моче, ногтях рук и ног, волосах, слюне и др. Выявление с помощью данных методов элементного дисбаланса позволяет осуществлять адекватную коррекцию дисэлементозов на индивидуальном и популяционном уровнях [1, 18].

Диагностика Se-статуса человека в Республике Молдова ранее была проведена только для жителей, проживающих в долине Днестра, у которых концентрация

Se в сыворотке крови варьировала от 76 до 254 мкг/л при среднем значении 146 мкг/л [19], что в среднем оказалось выше, чем в соседней Одесской области Украины (122 мкг/л) [8]. Однако для большей части населения Молдавии, проживающего на обширной территории Днестровско-Прутского междуречья, до настоящего времени Se-статус остаётся неопределённым. Сдерживающим фактором для определения концентрации Se в сыворотке крови является сложность соблюдения специальных требований к оборудованию, условиям забора образцов крови, их хранения и транспортировки в лабораторию для анализа. Это не позволяло провести диагностику Se-статуса жителей, проживающих на всей территории страны, с целью выявления групп населения, подверженных риску Se-дефицита в организме, с последующей разработкой мер по адекватной коррекции Se-дисэлементоза.

С этой точки зрения более перспективным биосубстратом для определения Se-статуса значительной части населения страны являются волосы. Преимущества выбора волос для анализа концентрации Se очевидны: простота отбора образцов, отсутствие специальных требований к оборудованию и условиям их хранения и транспортировки, практически неограниченный срок хранения, более высокая концентрация Se по сравнению с физиологическими жидкостями, интегральный характер его накопления за период роста отобранного для анализа участка волос [1, 18].

К недостаткам использования волос в качестве субстрата для определения Se-статуса человека относятся риски воздействия на волосы Se из окружающей среды, диета, биологически активные добавки с Se, а также загрязняющие шампуни и другие средства для волос, содержащие этот микроэлемент [1, 20]. Однако, если исключить воздействие Se на волосы непосредственно из окружающей среды, загрязняющие средства для волос и биологически активные добавки, то содержание Se в волосах будет отражать главным образом его поступление с пищей, что обуславливает правомерность использования волос для оценки Se-статуса населения с учётом их преимуществ по сравнению с другими биосубстратами.

Определение концентрации Se в волосах жителей Республики Молдова ранее целенаправленно не проводилось. Данная работа является первым шагом по устранению этого пробела в системных исследованиях содержания Se в волосах населения Молдавии.

Цель. Оценка Se-статуса жителей Республики Молдова по содержанию Se в волосах.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследование является поперечным. Для данного типа исследований характерно применение статистических методов, предполагающих расчёт выборочных характеристик, которые агрегируют данные об охваченных группах населения.

Материалом для исследования послужили образцы волос жителей Молдавии, предоставленные добровольцами из разных регионов страны. Сбор волос осуществляли авторы и студенты-волонтеры Приднестровского государственного университета им. Т.Г. Шевченко (по месту постоянного проживания) у родственников и знакомых, выразивших согласие предоставить образцы волос для анализа на условиях анонимности с указанием места жительства, пола и возраста. Отбор образцов волос осуществляли сами участники исследования путём состригания их с затылочной части головы, ближе к шее, в количестве не менее 5 г. Взятие образцов волос у детей осуществляли родители на добровольной основе. Всего таким образом был собран 301 образец волос у жителей разных регионов Молдавии в возрасте от 1 года до 94 лет (табл. 1).

При выполнении работы авторы неукоснительно следовали положениям Хельсинкской декларации (2013).

Образцы волос перед проведением анализа промывали ацетоном для удаления следов жира, высушивали на воздухе и гомогенизировали. Дополнительную очистку не проводили согласно работе [21]. Содержание Se в волосах определяли флуориметрическим методом [22, 23] с использованием флуориметра «Флюорат 02-5М»

(«Люмэкс», Россия). В качестве референс-стандарта использовали образец волос GBW 09101b (Шанхайский институт прикладной физики Китайской академии наук) с концентрацией Se $0,59 \pm 0,04$ мг/кг.

Метод отличается высокой чувствительностью (предел определения — 0,8 нг/проба), простотой определения, не требует дорогостоящего оборудования и включает пять основных стадий [22, 23]:

- мокрое сжигание образцов смесью азотной и хлорной кислот в режиме температур 20–180 °C;
- удаление следов азотной кислоты перекисью водорода (150 °C);
- восстановление Se^{+6} до Se^{+4} действием 6N соляной кислоты (120 °C);
- конденсацию образующейся селенистой кислоты с 2,3-диаминонафталином (при 50–55 °C в течение 30 мин);
- экстракцию комплекса Se^{+4} с 2,3-диаминонафталином (пиазоселенола) гексаном с последующим определением флуоресценции гексанового раствора при длинах волн (λ): возбуждения — 376 ± 1 нм, эмиссии — 519 ± 1 нм. Навеска субстрата в используемом микрофлуориметрическом методе анализа составляет 0,1–0,12 г.

Таблица 1. Районы Молдавии, охваченные исследованием

Table 1. Regions of Moldova where the study participants were recruited from

Регион Geographic region	Административный район Administrative region	Количество образцов волос Number of hair samples
Северный лесостепной Northern forest-steppe	Глодянский Glodyansky	1
	Фалештский Faleshtsky	4
	Каменский Kamensky	32
	Рыбницкий Rybnitsky	10
Итого по региону Regional total		47
Центральный лесостепной Central forest-steppe	г. Кишинев Chisinau	23
	Ново-Аненский Novo-Nensky	3
	Дубоссарский Dubossarsky	3
	Григориопольский Grigoriopolsky	4
Итого по региону Regional total		33
Юго-восточный степной South-Eastern steppe	г. Тирасполь Tiraspol	103
	г. Бендеры Bendery	62
	Слободзейский Slobodzeisky	40
	Каушанский Kaushansky	3
Итого по региону Regional total		208
Южный степной Southern seppe	Гагаузия Gagauzia	11
	Левовский Leovsky	2
Итого по региону Regional total		13
Всего Grand total		301

Таблица 2. Концентрация селена (мкг/кг) в волосах женщин, мужчин и общей группы жителей Республики Молдова
Table 2. Selenium concentration (µg/kg) in the hair of females, males and in the full sample of residents of the Republic of Moldova

Статистический показатель Statistical indicator	Группа Group		
	Общая Both genders	Женщины Females	Мужчины Males
Количество образцов Number of samples	301	192	109
Диапазон значений Range	148–5000	148–5000	291–3872
Среднее арифметическое Mean	697	659	769
95% доверительный интервал Confidence interval	636–758	584–733	663–875
Стандартное отклонение Standard deviation	538	523	558
Среднее геометрическое Geometric mean	598	565	666
Медиана Median	584	538	631
Процентили Perecentile (10)	350	334	401
Процентили Perecentile (25)	429	406	484
Процентили Percentile (75)	759	743	798
Процентили Percentile (90)	1032	921	1205

Для статистического анализа данные о содержании Se в волосах были сгруппированы в группы: общая, включающая 301 образец; по полу безотносительно возраста: женщины — 192 образца, мужчины — 109 образцов; по возрасту: до 18 лет — 50 образцов, 18–44 лет — 162 образца; 45–59 лет — 50 образцов; 60 и более лет — 39 образцов.

Статистический анализ. Статистические расчёты проведены с помощью лицензионной программы SPSS 23.0. Проверку данных на нормальность распределения осуществляли по критерию Колмогорова–Смирнова с коррекцией значимости Лиллиефорса. Для описания данных использовали следующие центральные тенденции и меры рассеяния: количество образцов в группе (N), среднее арифметическое (M), 95% доверительный интервал (CI) для среднего арифметического, стандартное отклонение (SD), среднее геометрическое (G), медиану (Me), проценты (10-, 25-, 75- и 90-й). Сравнение двух независимых выборок проводили с помощью непараметрического U-критерия Манна–Уитни, более двух независимых выборок — с использованием непараметрического H-критерия Краскела–Уоллиса.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В табл. 2 представлены результаты статистической обработки данных о содержании Se в волосах женщин и мужчин Республики Молдова. Для сравнимости результатов с работами других авторов, в которых не приводится группировка по полу, здесь представлены также данные по общей группе участников.

Диапазон колебаний концентрации Se в волосах женщин заключён в более широких пределах (148–5000 мкг/кг), чем у мужчин (291–3872 мкг/кг). Однако среднее

арифметическое, среднее геометрическое, медиана, 10-, 25-, 75- и 90-й проценты для группы мужчин оказались заметно выше, чем для группы женщин.

Поскольку обе выборки не соответствовали нормальному распределению по критерию Колмогорова–Смирнова, для оценки статистической значимости различий в группах женщин и мужчин использовали непараметрический U-критерий Манна–Уитни для независимых выборок (табл. 3). Различия между группами мужчин и женщин статистически значимы на достаточно высоком уровне ($p=0,004$). Причём содержание Se в волосах женщин (средний ранг — 140,13) меньше, чем у мужчин (средний ранг — 170,16). Следовательно, превышение статистических показателей в группе мужчин относительно соответствующих показателей в группе женщин, представленных в табл. 2, является случайным.

В табл. 4 представлены результаты статистической обработки данных о содержании Se в волосах возрастных групп. У средних арифметических значений для этих выборок проявляется тенденция к повышению по мере увеличения возраста участников. Исключением является среднее арифметическое для возрастной группы 18–44 лет ($M=692$ мкг/кг), которое несколько превышает

Таблица 3. Результат сравнения концентрации селена в волосах женщин и мужчин по U-критерию Манна–Уитни
Table 3. Results of the Mann–Whitney U-test for comparison of hair selenium concentrations across genders

Группа Group	Средний ранг Mean rank	U	p
Женщины	140,13	8376	0,004
Мужчины	170,16		

Таблица 4. Концентрации селена в волосах жителей Республики Молдова в зависимости от возраста, мкг/кг
Table 4. Selenium concentrations in the hair of residents of the Republic of Moldova across age groups (µg/kg)

Статистический показатель Statistical indicator	Возраст, лет Age, years			
	<18	18–44	45–59	60+
Количество образцов Number of samples	50	162	50	39
Диапазон значений Range	252–1802	148–5000	225–2155	308–3071
Среднее арифметическое Mean	580	692	677	897
95% доверительный интервал Confidence interval	505–656	599–785	567–786	687–1107
Стандартное отклонение Standard deviation	265	580	384	648
Среднее геометрическое Geometric mean	540	585	601	747
Медиана Median	513	578	592	703
Процентили Perecentile (10)	354	339	352	356
Процентили Perecentile (25)	423	422	426	505
Процентили Percentile (75)	618	739	814	886
Процентили Percentile (90)	798	973	1113	1836

аналогичный показатель для последующей группы 45–59 лет ($M=677$ мкг/кг). Это «нарушение» обусловлено более значительным вкладом в среднее арифметическое для группы 18–44 лет крайних высоких значений по сравнению с другими возрастными группами. Действительно, данная возрастная группа обладает самым высоким верхним пределом диапазона значений концентрации Se (148–5000 мкг/кг).

Величина среднего геометрического, где вклад редких высоких значений существенно нивелируется, последовательно возрастает с увеличением возраста участников (540→585→601→741 мкг/кг). Данная тенденция прослеживается также для медианы, 75-го и 90-го процентилей (см. табл. 4).

Распределения в возрастных выборках по критерию Колмогорова–Смирнова не соответствуют нормальному виду, поэтому оценку статистической значимости различий в возрастных группах проводили с помощью H-критерия Краскела–Уоллиса для более двух независимых выборок (табл. 5). Различия в возрастных выборках являются статистически значимыми при $p=0,026$. По мере увеличения возраста концентрация Se в волосах жителей Молдавии проявляет тенденцию к росту.

ОБСУЖДЕНИЕ

Исследование по содержанию Se в волосах жителей Республики Молдова проведено впервые и служит дополнительным элементом в системном изучении данного микроэлемента в этой стране. При интерпретации результатов следует принимать во внимание, что данные получены для территории с высокой обеспеченностью этим микроэлементом: как естественных экосистем, так и продуктов питания местного производства. В связи с этим

Таблица 5. Результат сравнения концентрации селена в различных возрастных группах по H-критерию Краскела–Уоллиса
Table 5. Results of the Kruskal–Wallis H-test for comparison of hair selenium concentrations across age groups

Возраст, лет Age, years	Средний ранг Mean rank	χ^2	p
<18	131,10	9,249	0,026
18–44	148,11		
45–59	152,69		
60+	186,36		

представленные авторами статистические характеристики по содержанию Se в волосах исследованных групп населения Республики Молдова (см. табл. 2 и 4) могут служить ориентировочными показателями при оценке Se-статуса населения на территориях с высокой обеспеченностью данным микроэлементом, поскольку до настоящего времени нет общепризнанных критериев оптимальности содержания Se в волосах людей.

Так, имеются сведения, что синдромы селенодефицита проявляются при концентрации Se в волосах людей менее чем 500 мкг/кг [24]. По данным исследования [1], характерное содержание Se в волосах людей при нормальной обеспеченности микроэлементом составляет 500–700 мкг/кг. По сведениям зарубежных авторов, оптимальная концентрация Se в волосах людей варьирует в следующих пределах: 500–1000 мкг/кг [25], 500–1500 мкг/кг [26], 600–1200 мкг/кг [27].

Если исходить из предложенных в указанных выше работах пороговых значений и принять в качестве оптимального содержания Se в волосах расширенный диапазон 500–1500 мкг/кг, то из общей группы жителей

Молдавии в него попадают 56% участников исследования, у 38% населения наблюдаются дефицитные, а у 6% — избыточные концентрации Se в волосах. Среди женщин оптимальные концентрации Se в волосах отмечены у 52%, дефицитные — у 42%, избыточные — у 6%. Для мужчин оптимальные концентрации составляют 65%, дефицитные — 28%, избыточные — 7%.

В то же время, согласно оценкам K. Gellein и соавт. [28], к Se-дефицитным следует относить концентрации микроэлемента в волосах менее 200 мкг/кг, а его маргинальная недостаточность проявляется при содержании Se в волосах на уровне 200–250 мкг/кг. Если исходить из этих пороговых значений, то более 95% участников общей группы оптимально обеспечены микроэлементом. Дефицит Se (менее 200 мкг/кг) в общей группе исследуемых наблюдался у 1,5%, а маргинальная недостаточность (200–250 мкг/кг) — у 1% участников. Причём все случаи с дефицитом и маргинальной недостаточностью Se зафиксированы только в волосах женщин и ни одного подобного случая не обнаружилось в волосах мужчин, проживающих в Молдавии.

Для оценки статуса химического элемента на популяционном уровне авторами работ [18, 29] предложено принять в качестве «нормы» интервал 25–75 процентилей. Общероссийский межквартильный интервал (25–75 процентилей) концентрации Se в волосах составляет 690–2200 мкг/кг [18, с. 41]. Некоторые авторы (например, в работе [30]) делают вывод о Se-статусе населения определённого региона, сравнивая свои региональные данные по содержанию этого микроэлемента в волосах с общероссийской «нормой». Такой подход, на наш взгляд, может привести к ошибочным выводам относительно регионального Se-статуса населения, который должен оцениваться во взаимосвязи с содержанием Se в экосистемах и продуктах питания данной территории, обусловленным особенностями её биогеохимических условий. Полученные нами результаты показали, что, кроме региональных особенностей, для получения более полной картины о Se-статусе населения определённой территории необходимо также учитывать различия Se-статуса для разных групп, различающихся по полу и возрасту, поскольку физиологическая норма потребления микроэлемента для них неодинакова [4, 5].

Выявленные нами статистически значимые различия ($p=0,004$) в содержании Se в волосах мужчин и женщин установлены и в других регионах. Так, в Чеченской Республике среднее содержание Se в волосах женщин оказалось в 1,68 раза ниже, чем у мужчин [31]. Более низкие концентрации этого микроэлемента в волосах женщин по сравнению с мужчинами наблюдались также в различных провинциях Китая [32].

Среднее (M) значение концентрации Se в волосах (697 мкг/кг) общей группы жителей Молдавии оказалось сопоставимым с аналогичным показателем для жителей соседней Одесской области Украины (650 мкг/кг) [8],

биогеохимические условия которой сходны с территорией Республики Молдова. Отметим, что средняя концентрация Se в сыворотке крови населения Молдавии (146 мкг/л) [19] оказалась несколько выше, чем у жителей Одесской области (122 мкг/л) [8]. Определение содержания Se в волосах и сыворотке крови на обеих сравниваемых территориях проводили с помощью флуориметрического метода [22, 23].

Как указывалось выше, в Румынии биогеохимические условия более контрастны по сравнению с Молдавией и Одесской областью Украины. Хотя диапазон содержания валового Se в румынских почвах почти такой же, как в молдавских и одесских, в Румынии установлены Se-дефицитные районы, идентифицированные по низкой концентрации микроэлемента в растениях [6, 7]. Однако в доступных нам публикациях сведения о содержании Se в волосах жителей Румынии отсутствуют, поэтому полученные данные для Молдавии сравнить с этой соседней страной не представилось возможным.

Отметим также, что среднее ($M\pm SD$) значение концентрации Se в волосах (697 ± 538 мкг/кг) общей группы жителей Молдавии (см. табл. 2) оказалось выше средних значений Se в образцах волос из США (591 ± 110 мкг/кг) и Канады (546 ± 240 мкг/кг), которые относятся к странам с высокой обеспеченностью населения этим микроэлементом [33].

Ограничения исследования. Несмотря на хорошую сходимость средних концентраций Se в волосах жителей Молдавии с другими регионами с высокой обеспеченностью данным микроэлементом, наши результаты следует считать ориентировочными, поскольку при проведении исследования авторам не удалось в должной мере охватить все регионы страны (см. табл. 1). Именно по данной причине авторы не проводили оценку различий Se-статуса групп населения, проживающих в разных административных и биогеохимических районах Республики Молдова. Эта задача рассматривается в качестве приоритетной на ближайшую перспективу.

При использовании полученных авторами результатов следует также принимать во внимание, что оценку Se-статуса разных групп населения Молдавии проводили без учёта фактора состояния здоровья участников.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Республика Молдова относится к странам с высокой обеспеченностью селеном экосистем и местных продуктов питания. Впервые для этой страны проведено исследование по содержанию Se в волосах её жителей. Получены статистические показатели распределений Se для общей группы населения, для мужчин и женщин, а также для разных возрастных групп.

Установлены статистически значимые различия содержания Se между группами мужчин и женщин: Se-статус мужчин оказался выше, чем у женщин. Выявлено,

что по мере увеличения возраста концентрация Se в волосах жителей Молдавии проявляет тенденцию к росту, различия в возрастных выборках также являются статистически значимыми.

Перспективной задачей для продолжения исследования является оценка различий Se-статуса жителей, проживающих в разных административных и биогеохимических районах Молдавии, а также групп населения, сформированных с учётом состояния здоровья участников.

ДОПОЛНИТЕЛЬНО

Вклад авторов. Авторы М.В. Капитальчук, Н.А. Голубкина, И.П. Капитальчук подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE. Все авторы участвовали в разработке концепции, проведении исследования, подготовке

первого варианта рукописи, внесли изменения во все последующие варианты рукописи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией.

Финансирование. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

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

ADDITIONAL INFORMATION

Authors' contribution. M.V. Kapitalchuk, N.A. Golubkina, I.P. Kapitalchuk confirm that their authorship meets the international ICMJE criteria (all authors have made a significant contribution to the development of the concept, research and preparation of the article, read and approved the final version before publication).

Funding sources. No external funding.

Competing interests. The authors declare no competing interests.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Селен в питании: растения, животные, человек / под ред. Н.А. Голубкиной, Т.Т. Папазяна. Москва : Печатный город, 2006. 254 с.
2. Ермаков В.В., Тютиков С.Ф., Сафонов В.А. Биогеохимическая индикация микроэлементов / отв. ред. Т.И. Моисеенко. Москва, 2018. 386 с.
3. Миних В.Б. Базовые аспекты метаболизма селена и биосинтеза селенопротеинов в организме человека // Успехи биологической химии. 2022. Т. 62. С. 369–390.
4. Human vitamin and mineral requirements: report of a joint FAO/WHO expert consultation Bangkok, Thailand. Rome : Food and Nutrition Division, 2002. 341 p.
5. Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. Методические рекомендации МР 2.3.1.0253-21 «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации». Москва : Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2021. 72 с. Режим доступа: https://www.rosotrebznadzor.ru/documents/details.php?ELEMENT_ID=18979
6. Lăcătușu R., Stanciu-Burileanu M.-M., Lăcătușu A.-R., et al. Selenium in the soil — plant system from some areas of Romania. Eastern European Chernozems — 140 years after V. Dokuchaev; Inter Sci Conf; 2–3 Oct 2019; Chișinău. Chișinău: CEP USM, 2019. P. 148–155.
7. Lăcătușu R., Aldea M.M., Lăcătușu A.-R., et al. Selenium in rock-soil-plant system in the South-Eastern part of Romania // Research Journal of Agricultural Science. 2010. Vol. 42, N 3. P. 199–204.
8. Щелкунов Л.Ф., Голубкина Н.А. Содержание селена в почвах, растениях и у человека в Одесской области // Экология моря. 2000. Т. 54. P. 62–68.
9. Kapitalchuk I., Golubkina N., Kapitalchuk M., Sheshnitsan S. Selenium in soils of Moldova // Journal of Environmental Science and Engineering A. 2014. Vol. 3, N 5. P. 268–273. doi: 10.17265/2162-5298/2014.05.004
10. Tan J., Zhu W., Wang W., et al. Selenium in soil and endemic diseases in China // Sci Total Environ. 2002. Vol. 284, N 1-3. P. 227–235. doi: 10.1016/S0048-9697(01)00889-0
11. Kapitalchuk I., Golubkina N., Kapitalchuk M., et al. Selenium and other elements accumulation by higher fungi in ecosystems of the Dniester river valley // Studia Universitatis Moldaviae (Seria Științe Reale și ale Naturii). 2014. N 6. P. 103–107.
12. Голубкина Н.А., Капитальчук М.В., Капитальчук И.П. Грецкие орехи как источник эссенциального микроэлемента селена // Вопросы питания. 2009. Т. 78, № 6. С. 73–77.
13. Капитальчук М.В., Голубкина Н.А., Капитальчук И.П., Тищенко А.А. Селеновый статус животных Молдавии. В кн.: Труды XI Международной биогеохимической школы, посвященной 120-летию со дня рождения Виктора Владиславовича Ковальского: в 2 томах «Биогеохимия — научная основа устойчивого развития и сохранения здоровья человека». Т. 2. Тула : Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого, 2019. С. 55–59.
14. Капитальчук М.В., Голубкина Н.А., Шешницан С.С., Капитальчук И.П. Особенности аккумуляции селена растениями водных экосистем Молдавии // Географическая среда и живые системы. 2013. № 3. С. 104–109.
15. Капитальчук И.П., Капитальчук М.В., Голубкина Н.А., и др. Седименты как источник микроэлементов для восстановления эродированных почв Молдовы // Проблемы региональной экологии. 2015. № 4. С. 38–43.
16. Временные гигиенические нормативы содержания некоторых химических элементов в основных пищевых продуктах (утв. Главным государственным санитарным врачом СССР 30 сентября 1981 г. N 2450-81). Режим доступа: <https://base.garant.ru/70731834/>
17. Капитальчук М.В., Капитальчук И.П., Голубкина Н.А. Продукты питания как индикатор обеспеченности ландшафтов Молдавии селеном // Вестник МГОУ. Серия «Естественные науки». 2011. № 4. С. 90–93.

18. Мирошников С.А., Нотова С.В., Мирошников С.В., и др. Оценка элементного гомеостаза человека и животных. Оренбург : ИПК Университет, 2016. 220 с.
19. Капитальчук М.В., Капитальчук И.П., Голубкина Н.А. Аккумуляция и миграция селена в компонентах биогеохимической цепи «почва–растения–человек» в условиях Молдавии // Поволжский экологический журнал. 2011. № 3. С. 323–335.
20. Spallholz J.E., Boylan L.M., Palace V., et al. Rahman arsenic and selenium in human hair: a comparison of five countries with and without arsenicosis // Biol Trace Elem Res. 2005. Vol. 106, N 2. P. 1–12. doi: 10.1385/BTER:106:2:133
21. Li M., Yun H., Huang J., et al. Hair selenium content in middle-aged and elderly chinese population // Biol Trace Elem Res. 2021. Vol. 199, N 10. P. 3571–3578. doi: 10.1007/s12011-020-02482-4
22. Alfthan G. A micromethod for the determination of selenium in tissues and biological fluids by single-test-tube fluorimetry // Anal Chim Acta. 1984. Vol. 165. P. 187–194. doi: 10.1016/S0003-2670(00)85199-5
23. Методические указания МУК 4.1.033-95 «Химические факторы. Определение селена в продуктах питания» (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 24 июля 1995 г.). Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200000146>
24. Сусликов В.Л. Геохимическая экология болезней: в 4-х т. Т. 3. Атомовитозы. Москва : Гелиос, 2002. 670 с.
25. Iyegar V., Woittiez J. Trace elements in human clinical specimens: evaluation of literature data to identify references values // Clin Chem. 1988. Vol. 34, N 3. P. 474–481.
26. Bertram H.P. Spurenelemente: analytic, okotoxikologische und medizinischklinische Bedeutung. Munchen, Wien, Baltimore : Urban und Schwarzenberg, 1992. 207 p.
27. Burgerstein L., Zimmermann M., Schurgast H., Burgerstein U.P. Burgersteins handbuch naehrstoffe. 10 Auflage. Stuttgart : Karl F. Haug Verlag, 2002. 512 p.
28. Gellein K., Lierhagen S., Brevik P.S., et al. Trace element profiles in single strands of human hair determined by HP-ICP-MS // Biol Trace Elem Res. 2008. Vol. 123, N 1-3. P. 250–260. doi: 10.1007/s12011-008-8104-0
29. Скальный А.В. Референтные значения концентрации химических элементов в волосах, полученные методом ИСП-АЭС (АНО Центр биотической медицины) // Микроэлементы в медицине. 2003. Т. 4, № 1. С. 55–56.
30. Батырова Г.А., Тлегунова Ж.Ш., Умарова Г.А., и др. Микроэлементный статус взрослого населения Западного Казахстана // Экология человека. 2021. Т. 28, № 11. С. 42–49. doi: 10.33396/1728-0869-2021-11-42-49
31. Амагова З.А., Голубкина Н.А., Исаева У.С. Проблема йодной и селеновой недостаточности в Чеченской Республике // Микроэлементы в медицине. 2017. Т. 18, № 3. С. 13–19. doi: 10.19112/2413-6174-2017-18-3-13-19
32. Li S., Banuelos G.S., Wu L., Shi W. The changing selenium nutritional status of Chinese residents // Nutrients. 2014. Vol. 6, N 3. P. 1103–1114. doi: 10.3390/nu6031103
33. Spallholz J.E., Boylan L.M., Palace V., et al. Rahman arsenic and selenium in human hair: a comparison of five countries with and without arsenicosis // Biol Trace Elem Res. 2005. Vol. 106, N 2. P. 133–144. doi: 10.1385/BTER:106:2:133

REFERENCES

1. Golubkina NA, Papazyan TT, editors. *Selen v pitanii: rasteniya, zhivotnye, chelovek*. Moscow: Pechatnyi gorod; 2006. 254 p. (In Russ).
2. Ermakov VV, Tyutikov SF, Safonov VA. Biogeohimicheskaya indikatsiya mikroelementov. TI Moiseenko, editor. Moscow; 2018. 386 p. (In Russ).
3. Minih VB. Bazovye aspekty metabolizma selena i biosinteza selenoproteinov v organizme cheloveka. *Uspehi biologicheskoy himii*. 2022;62:369–390. (In Russ).
4. *Human vitamin and mineral requirements: report of a joint FAO/WHO expert consultation Bangkok, Thailand*. Rome: Food and Nutrition Division; 2002. 341 p.
5. *Federal'naja sluzhba po nadzoru v sfere zashhity prav potrebitel'j i blagopoluchija cheloveka. Metodicheskie rekomendacii MP 2.3.1.0253-21 «Normy fiziologicheskikh potrebnostej v jenergii i pishhevyh veshhestvah dlja razlichnyh grupp naselenija Rossijskoj Federacii»*. Moscow: Federal'nyj centr gigieny i jepidemiologii Rospotrebnadzora; 2021. 72 p. Available from: https://www.rospotrebnadzor.ru/documents/details.php?ELEMENT_ID=18979 (In Russ).
6. Lăcătușu R, Stanciu-Burileanu M-M, Lăcătușu A-R, et al. *Selenium in the soil-plant system from some areas of Romania*. Eastern European Chernozems — 140 years after V. Dokuchaev; Inter Sci Conf; Oct 2–3 2019; Chișinău. Chișinău: CEP USM; 2019. P. 148–155.
7. Lăcătușu R, Aldea M.M, Lăcătușu A-R, et al. Selenium in rock-soil-plant system in the south-eastern part of Romania. *Research Journal of Agricultural Science*. 2010;42(3):199–204.
8. Schelkunov LF, Golubkina NA. Selenium content in soil, plants and people in Odessa region. *Ekologiya morya*. 2000;54:62–68. (In Russ).
9. Kapitalchuk I, Golubkina N, Kapitalchuk M, Sheshnitsan S. Selenium in soils of Moldova. *Journal of Environmental Science and Engineering A*. 2014;3(5):268–273. (In Russ). doi: 10.17265/2162-5298/2014.05.004
10. Tan J, Zhu W, Wang W, et al. Selenium in soil and endemic diseases in China. *Sci Total Environ*. 2002;284(1-3):227–235. doi: 10.1016/S0048-9697(01)00889-0
11. Kapitalchuk I, Golubkina N, Kapitalchuk M, et al. Selenium and other elements accumulation by higher fungi in ecosystems of the Dniester river valley. *Studia Universitatis Moldaviae (Seria Științe Reale și ale Naturii)*. 2014;(6):103–107. (In Russ).
12. Golubkina NA, Kapitalchuk MV, Kapitalchuk IP. Walnuts asa of essenciale trace element selenium. *Problems of Nutrition*. 2009;78 (6):73–77. (In Russ).
13. Kapital'chuk MV, Golubkina NA, Kapital'chuk IP, Tishhenkov AA. Selenovyy status zhivotnyh Moldavii. In: *Trudy XI Mezhdunarodnoj biogeoхимической shkoly, posvjashhennoj 120-letiju so dnja rozhdenija Viktora Vladislavovicha Koval'skogo: v 2 tomah «Biogeoхимija — nauchnaja osnova ustojchivogo razvitiya*

- i sohraneniya zdorov'ya cheloveka*. Vol. 2. Tula: Tul'skij gosudarstvennyj pedagogicheskij universitet im. L.N. Tolstogo, 2019. P. 55–59. (In Russ).
14. Kapitalchuk MV, Golubkina NA, Sheshnitsan SS, Kapitalchuk IP. Features of selenium accumulation by the plants of freshwater ecosystems in Moldova. *Geographical Environment and Living Systems*. 2013;(3):104–109. (In Russ).
15. Kapitalchuk IP, Kapitalchuk MV, Golubkina NA, et al. Sediments as a source of trace elements for the restoration of eroded soils of Moldova. *Problemy regional'noi ekologii*. 2015;(4):38–43. (In Russ).
16. *Vremennye gigienicheskie normativy sodержaniya nekotorykh himicheskikh jelementov v osnovnykh pishhevyykh produktakh* (utv. Glavnym gosudarstvennym sanitarnym vrachom SSSR 30 sentjabrja 1981 g. N 2450-81). Available from: <https://base.garant.ru/70731834/> (In Russ).
17. Kapitalchuk M, Kapitalchuk I, Golubkina N. Food security as an indicator of landscapes of Moldova selenium bioavailability. *Vestnik MGOU. Geographical Environment and Living Systems*. 2011;(4):90–93. (In Russ).
18. Miroshnikov SA, Notova SV, Miroshnikov SV, i dr. *Ocenka jelementnogo gomeostaza cheloveka i zhivotnyh*. Orenburg: IPK Universitet; 2016. 220 p. (In Russ).
19. Kapitalchuk MV, Kapitalchuk IP, Golubkina NA. Selenium accumulation and migration in components of the biogeochemical soil–plants–man food chain in MOLDOVA. *Povolzhskiy Journal of Ecology*. 2011;(3):323–335. (In Russ).
20. Spallholz JE, Boylan LM, Palace V, et al. Rahman arsenic and selenium in human hair: a comparison of five countries with and without arsenicosis. *Biol Trace Elem Res*. 2005;106(2):1–12. doi: 10.1385/BTER:106:2:133.
21. Li M, Yun H, Huang J, et al. Hair selenium content in middle-aged and elderly chinese population. *Biol Trace Elem Res*. 2021;199(10):3571–3578. doi: 10.1007/s12011-020-02482-4
22. Alfthan G. A micromethod for the determination of selenium in tissues and biological fluids by single-test-tube fluorimetry. *Anal Chim Acta*. 1984;165:187–194. doi: 10.1016/S0003-2670(00)85199-5
23. *Metodicheskie ukazaniya MUK 4.1.033-95 "Himicheskie faktory. Opredelenie seleni v produktah pitaniya"* (utv. Glavnym gosudarstvennym sanitarnym vrachom RF 24 ijulja 1995 g.). Available from: <https://docs.cntd.ru/document/1200000146> (In Russ).
24. Suslikov VL. *Geohimicheskaja jeologija boleznej: v 4 t. T. 3. Atomovitozy*. Moscow: Gelios, 2002. 670 p. (In Russ).
25. Iyegar V, Woittiez J. Trace elements in human clinical specimens: evaluation of literature data to identity references values. *Clin Chem*. 1988;34(3):474–481.
26. Bertram HP. *Spurenelemente: analytic, okotoxikologische und medizinischklinische Bedeutung*. Munchen, Wien, Baltimore: Urban und Schwarzenberg; 1992. 207 p.
27. Burgerstein L, Zimmermann M, Schurgast H, Burgerstein UP. *Burgersteins handbuch naehrstoffe. 10 Auflage*. Stuttgart: Karl F. Haug Verlag; 2002. 512 p.
28. Gellein K, Lierhagen S, Brevik PS, et al. Trace element profiles in single strands of human hair determined by HP-ICP-MS. *Biol Trace Elem Res*. 2008;123(1-3):250–260. doi: 10.1007/s12011-008-8104-0
29. Skal'nyi AV. Referentnye znacheniya kontsentratsii khimicheskikh elementov v volosakh, poluchennye metodom ISP-AES (ANO Tsentr bioticheskoi meditsiny). *Trace Elements in Medicine (Moscow)*. 2003;4(1):55–56. (In Russ).
30. Batyrova GA, Tlegenova ZhSh, Umarova GA, et al. Microelement status of the adult population in Western Kazakhstan. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2021;28(11):42–49. (In Russ). doi: 10.33396/1728-0869-2021-11-42-49
31. Amagova ZA, Golubkina NA, Isaeva US. Problem of iodine and selenium deficiency in Chechen Republic. *Trace Elements in Medicine (Moscow)*. 2017;18(3):13–19. (In Russ). doi: 10.19112/2413-6174-2017-18-3-13-19
32. Li S, Banuelos GS, Wu L, Shi W. The changing selenium nutritional status of Chinese residents. *Nutrients*. 2014;6(3):1103–1114. doi: 10.3390/nu6031103
33. Spallholz JE, Boylan LM, Palace V, et al. Rahman arsenic and selenium in human hair: a comparison of five countries with and without arsenicosis. *Biol Trace Elem Res*. 2005;106(2):133–144. doi: 10.1385/BTER:106:2:133

ОБ АВТОРАХ

* **Капитальчук Марина Владимировна**, к.б.н.;
адрес: Молдова, 3300, Тирасполь, ул. 25 Октября, д. 128;
ORCID: 0000-0003-2618-0823;
eLibrary SPIN: 6294-7877;
e-mail: marinakapital78@gmail.com

Голубкина Надежда Александровна, д.с.-х.н.;
ORCID: 0000-0003-1803-9168;
eLibrary SPIN: 9284-3454;
e-mail: segolubkina45@gmail.com

Капитальчук Иван Петрович, к.г.н.;
ORCID: 0000-0003-2448-7493;
eLibrary SPIN: 3798-3233;
e-mail: ivankapital54@gmail.com

AUTHORS' INFO

* **Marina V. Kapitalchuk**, Cand. Sci. (Biol.);
128, 25 Oktjabrja street, 3300, Tiraspol', Moldova;
ORCID: 0000-0003-2618-0823;
eLibrary SPIN: 6294-7877;
e-mail: marinakapital78@gmail.com

Nadezhda A. Golubkina, Dr. Sci. (Agriculture);
ORCID: 0000-0003-1803-9168;
eLibrary SPIN: 9284-3454;
e-mail: segolubkina45@gmail.com

Ivan P. Kapitalchuk, Cand. Sci. (Geography);
ORCID: 0000-0003-2448-7493;
eLibrary SPIN: 3798-3233;
e-mail: ivankapital54@gmail.com

*Автор, ответственный за публикацию / Corresponding author