

## Содержание селена в объектах окружающей среды и в волосах населения на территории Октябрьского района Ханты-Мансийского автономного округа – Югры

М. А. Белов<sup>1</sup>✉, А. В. Синдирева<sup>1</sup>, Д. О. Пузанов<sup>2</sup>, С. С. Вешкурцева<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Тюменский государственный университет, Российская Федерация  
(625003, г. Тюмень ул. Володарского, 6)

<sup>2</sup>ООО «РН-Юганскнефтегаз», Российская Федерация  
(628301, Ханты-Мансийский – Югра автономный округ, г. Нефтеюганск, ул. Ленина, стр. 26)

**Аннотация.** Целью статьи являлась оценка пространственного распределения селена на территории Октябрьского района ХМАО – Югры и установление взаимосвязи его содержания в почве, воде и волосах населения.

**Материалы и методы.** В Октябрьском районе отобраны пробы почвы, воды и волос для изучения микроэлементного статуса территории. Отбор проб проводился в соответствии с ГОСТ и другими стандартами, анализ селена в образцах выполнялся методами атомно-абсорбционной и атомно-эмиссионной спектрометрии.

**Результаты и обсуждение.** Обнаружено, что в Октябрьском районе наблюдается недостаток селена в почве. В дерново-подзолистых почвах выявлена его маргинальная недостаточность, а в подзолистых почвах и серых лесных почвах зафиксирован дефицит селена. Результаты исследования показали, что уровень селена в поверхностных и грунтовых водах в среднем составляет 0,74 мкг/л и 0,31 мкг/л соответственно. Анализ корреляции между содержанием селена в почве и водах не выявил значимой положительной связи. Однако обнаружена положительная связь между содержанием селена в почве и грунтовых водах. Это указывает на дефицит данного элемента, так как его недостаток проявляется при концентрации менее 500 мкг/кг.

**Выводы.** Содержание селена в почвах и водах Октябрьского района ХМАО – Югры показывает значительный дефицит, особенно в подзолистых и серых лесных почвах. Уровень селена в волосах населения также низок, особенно у мужчин, что подтверждает дефицит этого элемента в регионе. Для улучшения ситуации необходимы меры по обогащению почв и пищи селеном, информирование населения и регулярный мониторинг уровня селена.

**Ключевые слова:** селен, почва, растения, волосы, Октябрьский район, Тюменская область.

**Для цитирования:** Белов М. А., Синдирева А. В., Пузанов Д. О., Вешкурцева С. С. Содержание селена в объектах окружающей среды и в волосах населения на территории Октябрьского района Ханты-Мансийского автономного округа – Югры // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология, 2025, № 3, с. 157-162. DOI: <https://doi.org/10.17308/geo/1609-0683/2025/3/157-162>

### ВВЕДЕНИЕ

Микроэлементы важны для клеточного функционирования и гомеостаза. Они активируют ферменты и стабилизируют структуру ДНК, РНК и белков. Селен особенно значим для организма [2].

Попадая в организм с пищей и водой, селен выполняет различные физиологические функции в виде селенопротеинов, которые наиболее известны своей окислиительно-восстановительной активностью и противовоспалительными свойствами [4, 13, 15, 16, 19]. Он является агентом, способствующим детоксикации реакционноспособных производных кислорода в организме. В организме человека селен играет важную роль в работе фермента глутатионпероксидазы. Этот фермент взаимодействует с различными компонентами пищи, влияя на баланс антиоксидантов и прооксидантов в клетках. Недостаток селена в организме человека может приводить к серьёзным последствиям для здоровья. Селен играет

ключевую роль в антиоксидантной защите, работе иммунной системы и регуляции тиреоидных гормонов. Его дефицит ослабляет иммунную систему, повышая риск инфекционных и аутоиммунных заболеваний. Кроме того, селен необходим для нормального функционирования щитовидной железы, и его недостаток может вызывать гипотиреоз, что проявляется в усталости, наборе веса и депрессии [6].

Исследования, проведённые в различных регионах мира, подтверждают связь между дефицитом селена и повышенным риском заболеваний. Например, в китайской провинции Хэбэй, где почвы бедны селеном, дефицит этого элемента был связан с увеличением числа случаев заболеваний щитовидной железы и сердечно-сосудистых патологий [20]. На территории Восточной Сибири Российской Федерации также отмечается эндемичная болезнь – гипоселеноз, который проявляется в ослаблении иммунной системы, что повышает риск инфекционных и



автоиммунных заболеваний. Он также вызывает нарушения в работе щитовидной железы, приводя к гипотиреозу, усталости и набору веса [6, 8, 9, 11, 12].

Особый интерес и практическую значимость такие исследования представляют для регионов с неблагоприятными условиями окружающей среды. Ханты-Мансийский автономный округ – Югра (ХМАО – Югра) – это регион с суровыми условиями для жизни. Здесь длинные и холодные зимы, резкие изменения температуры и давления, недостаток солнечного света и геомагнитные возмущения. Эти факторы усугубляются дисбалансом химических элементов в почве, воде и растениях [5, 15, 18-20]. Исследования [1, 6, 12] неоднократно подчеркивали, что жители северных регионов испытывают дефицит витаминов и микроэлементов, особенно тех, которые обладают антиоксидантными свойствами, таких как селен.

В рамках исследования был проведен анализ содержания селена в окружающей среде и организмах жителей Октябрьского района ХМАО – Югры. Для более глубокого изучения были выбраны несколько ключевых участков, так как распределение селена неоднородно [16].

Целью статьи являлась оценка пространственного распределения селена на территории Октябрьского района ХМАО – Югры и установление взаимосвязи его содержания в почве, воде и волосах населения.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В период с 2019 по 2022 годы в Октябрьском районе ХМАО – Югры отобрано свыше 70 проб пробы почвы, 60 проб воды и 57 проб волос населения в трех населенных пунктах (рис.): северная часть – посёлок Перегребное (далее – п. Перегребное); центральная часть – посёлок городского типа Приобье (далее – пгт. Приобье); юго-западная часть – посёлок Уньюган (далее – п. Уньюган) [3, 14].

Для отбора почв на территории Октябрьского района было заложено три реперных участка (см. рис.), в каждом из выше указанных населенных пунктов. Отбор проб почв проводился в соответствии с ГОСТ 17.4.4.02-2017 методом конверта в рамках учетных площадок на реперных участках (по 25 проб на каждом). За период с 2019 по 2022 годы в ходе исследования ото-

брано 60 проб поверхностной и грунтовой воды. Отбор проб воды выполнен согласно ГОСТ 31861-2012.

Содержание селена в образцах почвы, поверхностных и подземных вод определено ФБУЗ «Центр лабораторного анализа и технических измерений» в Тюмени с использованием методов атомно-абсорбционной спектрометрии (ПНД-Ф 14.1:2:4.214-06) и атомно-эмиссионной спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой.

Отбор биологических образцов (волос) проводился в соответствии с МУК 4.1.763-4.1.779-99. Волосы для анализа были взяты у 57 человек, все они постоянно проживают в Октябрьском районе. При отборе проб проведен опрос. Лица, принимающие витаминно-минеральные комплексы и БАДы, имеющие крашенные волосы, вредные привычки и работающие на опасных производствах, допущены не были. Анализ волос проведен в соответствии с ПНД Ф 16.1:2:3:3.11-98. После завершения исследования результаты были обработаны с использованием стандартных статистических методов в программе MS Excel. В ходе обработки полученных данных проведены сравнительный и корреляционный анализы.

#### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В наших исследованиях изучено содержание селена в различных типах почв агроценозов Октябрьского района, результаты представлены в таблице 1.

Для оценки уровня содержания селена в почве приняты следующие пороговые значения концентрации данного элемента: менее 125 мкг/кг – область селенодефицита; 125-175 мкг/кг – маргинальная недостаточность; 175-3000 мкг/кг – область оптимума; более 3000 мкг/кг – область избытка. Согласно данной классификации [19], в дерново-подзолистых почвах в п. Перегребное наблюдается маргинальная недостаточность. А подзолистые почвы в пгт. Приобье и серые лесные почвы в п. Уньюган входят в область селенодефицита.

На накопление и распределение микроэлементов в различных типах почв значимое влияние оказывает содержание органического вещества, уровень кислотности, окислительно-восстановительные свойства почв, гранулометрический состав и другие свойства почв [8].

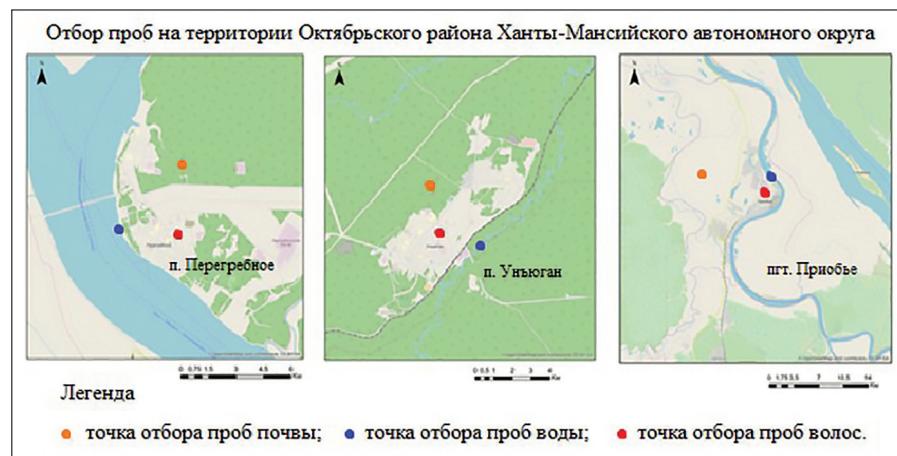


Рис. Карта отбора проб на территории п. Перегребное, п. Уньюган и пгт. Приобье Октябрьского района

[Fig. Sampling map on the territory of the village of Peregrebnoye, the village of Unyugan and the urban-type settlement of Priobye in the Oktyabrsky district]

Таблица 1

Среднее валовое содержание селена в почвах Октябрьского района  
[Table 1. The average gross selenium content in the soils of the Oktyabrsky district]

Район исследования / Study area	Тип почв / Soil type	Содержание Se, мкг/кг / Se content, mcg/kg
п. Уньюган	Серые лесные	38 ± 5
пгт. Приобье	Подзолистые	48 ± 4
п. Перегребное	Дерново-подзолистые	136 ± 25

Анализ содержания селена в почвах Октябрьского района показал, что его распределение тесно связано с абсолютной высотой рельефа. В населенных пунктах с более высоким рельефом, в таких как п. Уньюган (средняя высота составляет 90 м.), содержание селена ниже, что объясняется выщелачиванием и эрозией почв. В районах с невысоким рельефом, в таких как п. Перегребное (средняя высота рельефа 40 м.), уровень селена значительно выше, что может быть связано с более сильным удержанием микроэлементов в почвах.

Для сравнения использованы данные исследователей [11] содержания селена в основных типах почв Тю-

менской области. На данной территории также наблюдается дефицит элемента. Однако среднее содержание селена в серых лесных почвах Тюменской области выше ( $66 \pm 5$  мг/кг) среднего содержания в п. Уньюган ( $38 \pm 5$  мг/кг). Это указывает на значительные территориальные различия в содержании селена.

Содержание селена в почве во многом определяет его уровень в водных объектах, поскольку при выпадении осадков или таянии снега он может вымываться и попадать в водоёмы и подземные воды. Содержание селена в пробах воды представлено в таблице 2.

Таблица 2

Среднее содержание селена в пробах воды Октябрьского района  
[Table 2. The average selenium content in the water samples of the Oktyabrsky district]

Район исследования / Research area	Тип водного объекта / Type of water body	Содержание Se, мкг/л / Se content, mcg/l
п. Уньюган	Поверхностные воды	0,91 ± 0,08
	Грунтовые воды	0,34 ± 0,03
пгт. Приобье	Поверхностные воды	0,49 ± 0,04
	Грунтовые воды	0,23 ± 0,02
п. Перегребное	Поверхностные воды	0,83 ± 0,07
	Грунтовые воды	0,35 ± 0,03

ПДК селена для поверхностных и грунтовых вод составляет 10 мкг/л (СанПиН 1.2.3685-21). Исследование содержания селена в поверхностных и подземных водах показало, что его количество не превышает допустимых норм. В целом, во всех взятых пробах уровень селена оказался низким. Причиной этого может быть недостаток фульвокислот, которые способствуют растворению селена в почве и его переносу в воды [8].

При проведении корреляционного анализа в системе «почва – поверхностные воды» положительной сильной связи не зафиксировано, в то время как в системе «почва – грунтовые воды» коэффициент корреляции Спирмена ( $\rho$ ) равен 0,5 (слабая связь), что подтверждает наши предположения о причинах низких концентраций селена в водных объектах.

В целом среднее содержание селена в речной воде составляет 0,2 мкг/л, тогда как в родниках, скважинах и соленых озерах его содержание несколько выше [10].

Содержание селена в организме человека может зависеть от его концентрации в окружающей среде, включая воду. Если вода, которую потребляет человек, содержит недостаточное количество селена, то это может отражаться на уровне этого элемента в организме. Содержание селена в волосах населения Октябрьского района представлено в таблице 3.

Синдром селенодефицита проявляется при концентрации селена в волосах людей менее чем 500 мкг/кг. В качестве оптимального содержания принят диапазон 500–1500 мкг/кг [7]. Для анализа данные о содержании селена в волосах сгруппированы по полу безотносительно возраста.

Таблица 3

Среднее содержание селена в волосах населения Октябрьского района  
[Table 3. The average selenium content in the hair of the Oktyabrsky district population]

Район исследования / Research area	Группа населения / Population group	Содержание Se, мкг/кг / Se content, mcg/l
п. Уньюган	Мужчины	222,8 ± 22,7
	Женщины	226,2 ± 22,6
пгт. Приобье	Мужчины	151,4 ± 21,1
	Женщины	234,4 ± 30,4
п. Перегребное	Мужчины	171,1 ± 17,1
	Женщины	433,6 ± 56,3

Нами наибольшее среднее содержание селена зафиксировано в пробах волос женского населения, проживающего в п. Перегребное. Наименьшее среднее содержание селена отмечено в пробах волос мужского населения, проживающего в пгт. Приобье. В п. Уньюган концентрации селена в пробах волос мужского и женского населения примерно равны, что говорит о равномерном поступлении селена в организмы. Содержание селена в организме женщин часто выше, чем у мужчин, из-за физиологических различий и особенностей обмена веществ. Женщины, особенно в репродуктивном возрасте, могут накапливать больше селена из-за его роли в репродуктивной системе и гормональном балансе. Кроме того, женщины чаще используют пищевые добавки и обогащённые продукты, что также способствует повышению уровня селена в их организме.

Коэффициент корреляции Спирмена ( $\rho$ ) между содержанием селена в воде и в волосах человека равен 0,5 (слабая связь). Полученные данные представляют не сильную взаимосвязь, что может указывать на то, что вода не является основным источником поступления элемента в организм.

На основании полученных данных можно предположить, что основным источником селена для организма населения являются импортируемая пищевая продукция (зерновая, мясная/молочная, овощная/фруктовая) и всевозможные пищевые добавки.

Для сравнительного анализа использованы данные о содержании селена в волосах населения г. Тюмени. На примере исследуемой выборки установлено, что содержание селена в волосах жителей г. Тюмени значительно ниже нормы и составляет в среднем  $408 \pm 80$  мкг/кг. Это указывает на наличие дефицита селена у жителей данного региона [6]. В ходе исследования волос населения Октябрьского района выявлено среднее содержание селена, которое составило  $240 \pm 33$  мкг/кг, что почти вдвое меньше, чем содержание селена в волосах жителей г. Тюмени. Установлено половое различие в уровне микроэлемента: содержание селена в волосах у женщин ( $298 \pm 42$  мкг/кг) выше, чем у мужчин ( $180 \pm 25$  мкг/кг).

Также для сравнительного анализа использованы данные о содержании селена в волосах населения Республики Молдова [7]. Анализ данных о содержании элемента в волосах населения Республики Молдова показал, что уровень селена у женщин ( $659$  мкг/кг) ниже, чем у мужчин ( $769$  мкг/кг). В целом, содержание селена в образцах волос из Молдовы ( $540$ - $741$  мкг/кг) значительно выше, чем в исследованных образцах Октябрьского района ( $240 \pm 33$  мкг/кг). Это указывает на различия в уровнях селена среди населения и подчеркивает важность дальнейших исследований для понимания причин таких различий.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Содержание селена в почвах района варьируется в зависимости от типа почвы. В дерново-подзолистых почвах (п. Перегребное) наблюдается маргинальная недостаточность селена. В подзолистых почвах (пгт. Приобье) и серых лесных почвах (п. Уньюган) содержание

селена ниже порогового значения, что указывает на область селенодефицита. Эти данные свидетельствуют о значительных территориальных различиях в содержании селена, что подтверждается сравнением с почвами юга Тюменской области, где уровень селена выше.

Воды Октябрьского района ХМАО-Югры Тюменской области также находятся в зоне селенодефицита. При расчете коэффициента корреляции установлена слабая взаимосвязь в системе «почва-вода». Это свидетельствует о том, что содержание элемента в почве напрямую влияет на его концентрацию в воде. Возможно, для селенодефицитных территорий необходима разработка научно обоснованных мероприятий по селенизации, например, внесение селеносодержащих органических и минеральных удобрений.

Содержание селена в волосах населения зависит от его концентрации в окружающей среде, включая воду и пищу. В ходе исследования было установлено, что наибольшее среднее содержание селена зафиксировано в волосах женского населения п. Перегребное, а наименьшее – в волосах мужского населения пгт. Приобье. В п. Уньюган уровень селена в волосах мужчин и женщин примерно равен. Сравнительный анализ с данными о содержании селена в волосах населения г. Тюмени, Республики Молдова и др. регионов показал, что уровень селена в Октябрьском районе значительно ниже. Это указывает на дефицит селена у населения района и подчёркивает необходимость дальнейших исследований для выявления причин таких различий. Для предотвращения негативных последствий здоровью населения необходимы дополнительные источники селена. Для повышения содержания селена рекомендуется обогащение пищевых продуктов селеном, информирование населения о важности селена и рекомендации по включению селеносодержащих продуктов в рацион. Также необходимо проводить регулярный мониторинг содержания селена в почвах, водах и биологических образцах для контроля уровня и своевременного принятия мер.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Аккумуляция тяжелых металлов и микроэлементов в волосах населения Оренбургской области / А. В. Скальный, Е. В. Сальникова, Е. А. Кудрявцева, А. С. Кустова // *Микроэлементы в медицине*, 2012, с. 42-45.
2. Безель В.С., Панин М.С. *Экотоксикология: учебник для вузов* / под ред. А.Г. Сармурзиной. Алматы: Раритет, 2008. 344 с.
3. Виноградов А. П. *Геохимия редких и рассеянных элементов в почвах*. Москва: Издательство АН СССР, 1957. 237 с.
4. Елисеева Т. Селен (Se) – значение для организма и здоровья + 30 лучших источников // *Журнал здорового питания и диетологии*, 2022, т. 1, № 19, с. 55-64.
5. Ермохин Ю.И., Синдирева А.В., Скудаева Е. А. *Никель в системе почва-растение-животное в условиях Западной Сибири*. Омск: Литера, 2016. 137 с.
6. *Интегральный подход к нормированию действия селена в системе почва-растение-животное для разработки научно-обоснованной профилактики микроэлементозов в регионах России и Монголии* / А.В. Синдирева, Э. Эрдэнэцогт, Н.А. Голубкина, Н.Е. Гурьев. Омск: Издательский центр Кан, 2024. 244 с.
7. Капитальчук М. В., Голубкина Н. А., Капитальчук И. П. Содержание селена в волосах населения Республики Молдова

- // Экология человека, 2023, № 5, с. 362-372.
8. Побилат А. Е., Волошин Е. И. Особенности содержания селена в системе почва-растение (обзор) // Вестник КрасГАУ, 2020, с. 98-105.
9. Протасова Н. А. Микроэлементы: биологическая роль, распределение в почвах, влияние на распространение заболеваний человека и животных // Соросовский образовательный журнал, 1998, № 12, с. 32-37.
10. Селен в организме человека. Метаболизм, антиоксидантные свойства, роль в канцерогенезе / В. А. Тутельян, С. А. Княжев, С. А. Хотимченко и др. Москва: Издательство РАМН, 2002. 219 с.
11. Синдиева А. В., Котченко С. Г., Гурьев Н. Е. Геохимическая оценка содержания селена в основных типах почв Тюменской области // Проблемы региональной экологии, 2021, № 3, с. 32-38.
12. Синдиева А. В. Хренов А. В. Оценка содержания селена в волосах жителей города Тюмени // Экология урбанизированных технологий, 2023, № 4, с. 58-65.
13. Сусликов В. Л. Геохимическая экология болезней: в 4-х т. Т. 3 Атомовитозы. Москва: Гелиос, 2002. 670 с.
14. Чижков Б. Е. Лес и нефть Ханты-Мансийского округа – Югры. Тюмень: Издательство Ю. Мандрики, 1998. 105 с.
15. Assosiation between regional selenium status and reported outcome of COVID-19 cases in China / J. Zhang, E. Taylor, K. Bennett et al. // *The American Journal of Clinical Nutrition*, 2020, 111 (6), pp. 1297-1299.
16. Banuelos G. S., Lin Z. Q., Caton J. Editorial: Selenium in soil-plant-animal systems and its essential role for human health // *Frontiers in Plant Science*, 2023, vol. 14, pp. 1237646.
17. Combs G. F., Gray W. P. Chemopreventive agents: Selenium. *Pharmacol. Ther.*, 1998, no. 79, pp. 179-192.
18. Kabata-Pendias A. *Trace Elements in Soils and Plant*. 4 th Bosa Raton, FL: CrsPress, 2010. 548 p.
19. Selenium in soil and endemic diseases in China / J. Tan, W. Zhu, W. Wang, R. Li, S. Hou, D. Wang, L. Yang // *Science of the Total Environment*, 2002, vol. 284, pp. 227-235.
20. Zhang F., Li X., Wei Y. Selenium and selenoproteins in health // *Biomolecules*, 2023, vol. 13, no. 5, pp. 799.

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

Поступила в редакцию: 04.03.2025  
Принята к публикации: 01.09.2025

UDC 631.4

DOI: <https://doi.org/10.17308/geo/1609-0683/2025/3/157-162>

ISSN 1609-0683

## Selenium Content in Environmental Objects and in the Hair of the Population in the Territory of the Oktyabrsky District of the Khanty-Mansi Autonomous Okrug - Yugra

M.A. Belov<sup>1</sup>✉, A.V. Sindireva<sup>1</sup>, D.O. Puzanov<sup>2</sup>, S.S. Veshkurtseva<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Tyumen State University, Russian Federation  
(6, Volodarsky Str, Tyumen, 625003)

<sup>2</sup>RN-Yuganskneftegaz LLC, Russian Federation  
(Building 26, Lenin Str, Nefteyugansk, Khanty-Mansiysk – Yugra Autonomous Okrug, 628301)

**Abstract.** The purpose of the article is to assess the spatial distribution of selenium in the Oktyabrsky district of the Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra and to establish the relationship of its content in soil, water and hair of the population.

**Materials and methods.** In the Oktyabrsky district, soil, water, and hair samples were taken to study the microelement status of the territory. Sampling was carried out in accordance with State Standard and other standards, and selenium analysis in the samples was performed using atomic absorption and atomic emission spectrometry methods.

**Results and discussion.** It was found that there is a deficiency of selenium in the soil in the Oktyabrsky district. In soddy podzolic soils, its marginal insufficiency was revealed, while in podzolic soils and gray forest soils, selenium deficiency was recorded. The research results showed that the selenium level in surface and groundwater averages 0,74 micrograms/l and 0,31 micrograms/l, respectively. Analysis of the correlation between selenium content in soil and water did not reveal a significant positive relationship. However, a positive correlation has been found between the selenium content in soil and groundwater. The average selenium content in residents' hair is  $240 \pm 33$  micrograms/kg. This indicates a deficiency of this element, since its deficiency manifests itself at a concentration of less than 500 micrograms/kg.

**Conclusion.** The selenium content in the soils and waters of the Oktyabrsky district of the Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra shows significant deficiency, especially in podzolic and gray forest soils. The level of selenium in the hair of the population is also low, especially in men, which confirms the deficiency of this element in the region. To improve the situation, measures are needed to enrich the soil and food with selenium, inform the population, and regularly monitoring the level of selenium.

**Key words:** selenium, soil, plants, hair, Oktyabrsky district, Tyumen region.



**For citation:** Belov M.A., Sindireva A.V., Puzanov D.O., Veshkurtseva S.S. Selenium Content in Environmental Objects and in the Hair of the Population in the Territory of the Oktyabrsky District of the Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra. *Vestnik Voronezskogo gosudarstvennogo universiteta. Seria: Geografia. Geoekologiya*, 2025, no. 3, pp. 157-162 (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.17308/geo/1609-0683/2025/3/157-162>

#### REFERENCES

1. Akkumulacija tjazhelyh metallov i mikroelementov v volosah naselenija Orenburgskoj oblasti [Accumulation of heavy metals and trace elements in the hair of the population of the Orenburg region] / A. V. Skal'nyj, E. V. Sal'nikova, E.A. Kudrjavceva, A. S. Kustova. Mikroelementy v medicine, 2012, pp. 42-45. (In Russ.)
2. Bezel' V.S., Panin M.S. Jekotoksikologija: uchebnik dlja vuzov [Ecotoxicology: a textbook for universities] / pod red. A. G. Sarmurzinoj. Almaty: Raritet, 2008. 344 p. (In Russ.)
3. Vinogradov A. P. Geohimija redkih i rassejannyh jelementov v pochvah [Geochemistry of rare and scattered elements in soils]. Moscow: Izdatel'stvo AN SSSR, 1957. 237 p. (In Russ.)
4. Eliseeva T. Selen (Se) – znachenie dlja organizma i zdorov'ja + 30 luchshih istochnikov [Selenium (Se) – importance for the body and health + top 30 sources]. Zhurnal zdorovogo pitanija i dietologii, 2022, vol. 1, no. 19, pp. 55-64.
5. Ermohin Ju.I., Sindireva A. V., Skudaeva E.A. Nikel' v sisteme pochva-rastenie-zhivotnoe v uslovijah Zapadnoj Sibiri [Nickel in the soil-plant-animal system in Western Siberia]. Omsk: Litera, 2016. 137 p. (In Russ.)
6. Integral'nyj podhod k normirovaniyu dejstvija selena v sisteme pochva-rastenie-zhivotnoe dlja razrabotki nauchno-obosnovannoj profilaktiki mikroelementozov v regionah Rossii i Mongolii [An integrated approach to rationing the action of selenium in the soil-plant-animal system for the development of scientifically based prevention of microelementosis in the regions of Russia and Mongolia] / A. V. Sindireva, Je. Jerdjenjecogt, N. A. Golubkina, N. E. Gur'ev. Omsk: Izdatel'skij centr Kan, 2024. 244 p. (In Russ.)
7. Kapital'chuk M.V., Golubkina N.A., Kapital'chuk I. P. Soderzhanie selena v volosah naselenija Respubliki Moldova [Selenium content in the hair of the population of the Republic of Moldova]. Jekologija cheloveka, 2023, no. 5, pp. 362-372. (In Russ.)
8. Pobilat A. E., Voloshin E. I. Osobennosti soderzhanija sele- na v sisteme pochva-rastenie (obzor) [Features of selenium content in the soil-plant system (review)]. Vestnik KrasGAU, 2020, pp. 98-105. (In Russ.)
9. Protasova N.A. Mikroelementy: biologicheskaja rol', raspredelenie v pochvah, vlijanie na rasprostranenie zabolеваниj cheloveka i zhivotnyh [Trace elements: biological role, distribution in soils, influence on the spread of human and animal diseases]. Sorosovskij obrazovatel'nyj zhurnal, 1998, no. 12, pp. 32-37. (In Russ.)
10. Selen v organizme cheloveka. Metabolizm, antioksidantnye svojstva, rol' v kancerogeneze [Selenium in the human body. Metabolism, antioxidant properties, role in carcinogenesis] / V.A. Tutel'jan, S.A. Kniazhev, S.A. Hotimchenko i dr. Moscow: Izdatel'stvo RAMN, 2002. 219 p. (In Russ.)
11. Sindireva A.V., Kotchenko S.G., Gur'ev N.E. Geohimicheskaja ocenka soderzhanija selena v osnovnyh tipah pochv Tjumenskoj oblasti [Geochemical assessment of selenium content in the main types of soils of the Tyumen region]. Problemy regional'noj jekologii, 2021, no. 3, pp. 32-38. (In Russ.)
12. Sindireva A. V. Hrenov A. V. Ocenka soderzhanija selena v volosah zhitelej goroda Tjumeni [Assessment of the selenium content in the hair of Tyumen residents]. Jekologija urbanizirovannyh tehnologij, 2023, no. 4, pp. 58-65. (In Russ.)
13. Soslukov V.L. Geohimicheskaja jekologija boleznej: v 4-h t. T. 3 Atomovitozy [Geochemical ecology of diseases: in 4 volumes, vol. 3 Atomovitozes]. Moscow: Gelios, 2002. 670 p. (In Russ.)
14. Chizhov B. E. Les i neft' Hanty-Mansijskogo okruga – Jugry [Timber and oil of Khanty-Mansijsk okrug – Yugra]. Tjumen': Izdatel'stvo Ju. Mandriki, 1998. 105 p. (In Russ.)
15. Banuelos G. S., Lin Z. Q., Caton J. Editorial: Selenium in soil-plant-animal systems and its essential role for human health. *Frontiers in Plant Science*, 2023, vol. 14, pp. 1237646.
16. Combs G. F., Gray W. P. Chemopreventive agents: Selenium. *Pharmacol. Ther.*, 1998, no. 79, pp. 179-192.
17. Kabata-Pendias A. *Trace Elements in Soils and Plant*. 4 th Bosa Raton, FL: CrsPress, 2010. 548 p.
18. Selenium in soil and endemic diseases in China / J. Tan, W. Zhu, W. Wang, R. Li, S. Hou, D. Wang, L. Yang. *Science of the Total Environment*, 2002, vol. 284, pp. 227-235.
19. Zhang F., Li X., Wei Y. Selenium and selenoproteins in health. *Biomolecules*, 2023, vol. 13, no. 5, pp. 799.
20. Assosiation between regional selenium status and reported outcome of COVID-19 cases in China / J. Zhang, E. Taylor, K. Bennett et al. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 2020, 111 (6), pp. 1297-1299.

**Conflict of interests:** The authors declare no information of obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

Received: 04.03.2025

Accepted: 01.09.2025

Белов Максим Александрович  
Аспирант направления «Геоэкология» Тюменского государственного университета, г. Тюмень, Российская Федерация, ORCID: 0009-0003-4910-5671, e-mail: m.blvv@yandex.ru

Синдирева Анна Владимировна  
Доктор биологических наук, заведующий кафедры экологии и природопользования Тюменского государственного университета, г. Тюмень, Российская Федерация, ORCID: 0009-0003-4910-5671, e-mail: sindireva72@mail.ru

Пузанов Даниил Олегович  
Старший специалист ООО «РН-Юганскнефтегаз», г. Нефтеюганск, Российская Федерация, e-mail: puzanov31292@mail.ru

Вешкурцева Светлана Семёновна  
Ассистент кафедры физической географии и экологии Тюменского государственного университета, г. Тюмень, Российская Федерация, e-mail: king805@mail.ru

Maxim A. Belov  
Postgraduate student of the "Geoecology" programme, Tyumen State University, Tyumen, Russian Federation, ORCID: 0009-0003-4910-5671, e-mail: sindireva72@mail.ru

Anna V. Sindireva  
Dr. Sci. (Biol.), Head of the Department of Ecology and Environmental Management, Tyumen State University, Tyumen, Russian Federation, ORCID: 0009-0003-4910-5671, e-mail: sindireva72@mail.ru

Daniil O. Puzanov  
Senior Specialist of LLC «RN-Yuganskneftgaz», Nefteyugansk, Russian Federation, e-mail: puzanov31292@mail.ru

Svetlana S. Veshkurtseva  
Assistant at the Department of Physical Geography and Ecology, Tyumen State University, Tyumen, Russian Federation, e-mail: king805@mail.ru