

ЭКОЛОГИЯ

ECOLOGY

DOI: 10.22363/2313-2310-2023-31-4-419-434

EDN: QOBCFE

УДК 504

Научная статья / Research article

Йод в почвах, укосах трав пастбищ и местных продуктах питания некоторых областей России, пострадавших при аварии на Чернобыльской АЭС**В.Ю. Березкин^{1,2}  , В.С. Баранчуков¹ , Л.И. Колмыкова¹ ,
Г.А. Кулиева² , А.С. Багаутдинова² , Ю.В. Топильская² **

¹*Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского Российской академии наук (ГЕОХИ РАН), Москва, Российская Федерация*
²*Российский университет дружбы народов, Москва, Российская Федерация*
victor76@list.ru

Аннотация. Природный дефицит йода, в некоторых регионах России, провоцирующий заболевания щитовидной железы, усугубляет последствия поступления в пищевые цепи короткоживущих радиоактивных изотопов этого элемента вследствие аварии на Чернобыльской АЭС (1986). Цель работы – оценка риска заболеваемости населения Калужской, Брянской и Орловской областей раком щитовидной железы на уровне отдельных населенных пунктов на основе экспериментальных данных. Исследовано содержание йода в почвах и укосах трав пастбищ – геохимически контрастных ландшафтов, а также в молоке коров и клубнях картофеля личных подсобных хозяйств в пострадавших при аварии на ЧАЭС 1986 г. областях: Брянской (2021 г.), Орловской (2022 г.) и Калужской (2023 г.). Совместные экспедиции лаборатории биогеохимии окружающей среды ГЕОХИ РАН и департамента экологии человека и биоэлементологии института экологии РУДН им. Патриса Лумумбы, проведенные по инициативе и при участии авторов, выявили значительное варьирование концентрации йода в почвах и продуктах питания, что может иметь решающее значение при оценке риска распространения заболеваний щитовидной железы, в том числе рака среди местного сельского населения. Установлено, что содержание йода варьировало в широких пределах как в верхних слоях почв (0,31–3,04 мг/кг), так и в укосах трав (0,14–0,29 мг/кг) исследуемой территории.

© Березкин В.Ю., Баранчуков В.С., Колмыкова Л.И., Кулиева Г.А., Багаутдинова А.С., Топильская Ю.В., 2023



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode>

Наибольший природно-техногенный риск заболеваемости сельского населения раком щитовидной железы в результате последствий аварии на ЧАЭС характерен для обследованных населенных пунктов Жиздринского района Калужской области, Болховского, Дмитровского и Свердловского района Орловской области, Рогнединского района Брянской области.

Ключевые слова: йод, почвы пастбищ, Брянская область, Орловская область, Калужская область, заболевание щитовидной железы, сельскохозяйственная продукция, радионуклиды

Благодарности и финансирование. Работа выполнена по государственному заданию лаборатории биохимии окружающей среды ГЕОХИ РАН, при участии специалистов института экологии РУДН им. Патриса Лумумбы, поддержанных НИР № 202726-0-000 «Радиационная безопасность пищевых продуктов растительного и животного происхождения».

Вклад авторов: В.Ю. Березкин – общая организация работы, полевые экспедиционные исследования в Орловской области и Брянской области, измерение йода в почвах, укосах трав и продуктах питания; В.С. Баранчуков – полевые экспедиционные исследования в Орловской области и Брянской области, работа с данными, статистическая и картографическая обработка материалов, подготовка графиков и таблиц для статьи; Л.И. Колмыкова – полевые экспедиционные исследования Орловской области и Брянской области, измерение йода; Г.А. Кулиева – организация работ и полевые исследования в Калужской области (май 2023 г.), отбор проб и измерение радиоактивности; А.С. Багаутдинова – полевые экспедиционные исследования, отбор проб в Калужской области; Ю.В. Топильская – полевые экспедиционные исследования, отбор проб в Калужской области.

История статьи: поступила в редакцию 18.04.2023; доработана после рецензирования 15.09.2023; принята к публикации 10.10.2023.

Для цитирования: Березкин В.Ю., Баранчуков В.С., Колмыкова Л.И., Кулиева Г.А., Багаутдинова А.С., Топильская Ю.В. Йод в почвах, укосах трав пастбищ и местных продуктах питания некоторых областей России, пострадавших при аварии на Чернобыльской АЭС // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2023. Т. 31. № 4. С. 419–434. <https://doi.org/10.22363/2313-2310-2023-31-4-419-434>

Iodine in soils, pasture vegetation cuttings, and local food products of certain regions of Russia affected by the Chernobyl nuclear power plant accident

Victor Yu. Berezkin^{1,2}  , Vladimir S. Baranchukov¹ ,
Lyudmila I. Kolmykova¹ , Gulnara A. Kulieva² ,
Alexandra S. Bagautdinova² , Yulia V. Topilskaya² 

¹Vernadsky Institute of Geochemistry and Analytical Chemistry
of Russian Academy of Sciences (GEOKHI RAS), Moscow, Russian Federation

²RUDN University, Moscow, Russian Federation

victor76@list.ru

Abstract. Natural iodine deficiency, which in some regions of Russia provokes thyroid diseases, increases the consequences of the entry of short-lived radioactive isotopes of this element into the food chain as a result of the Chernobyl accident (1986). The aim of the work

is to assess the risk of morbidity of the population of the Kaluga, Bryansk and Oryol regions with thyroid cancer at the level of individual settlements based on experimental data. The iodine content in soils and vegetation cuttings of pastures in geochemically contrasting landscapes, as well as in cows' milk and potatoes of private household farms in the regions affected by the Chernobyl accident in 1986: Bryansk (2021), Oryol (2022) and Kaluga (2023) regions was studied. Joint expeditions of the Laboratory of Environmental Biogeochemistry of GEOKHI RAS and the Department of Human Ecology and Bioelementology of the Institute of Ecology of RUDN, carried out on the initiative and with the participation of the authors, revealed a significant variation of iodine concentration in soils and food products, which may be crucial for assessing the risk of thyroid diseases, including thyroid cancer, among the local rural population. The iodine content was found to be highly variable in both topsoil (0.31–3.04 mg/kg) and grass cuttings (0.14–0.29 mg/kg) of the study area. The maximum natural and technogenic risk of thyroid cancer morbidity in the rural population as a result of the consequences of the Chernobyl accident of 1986 is specific for the studied settlements of Zhizdrinsky district of Kaluga region, Bolkhovsky, Dmitrovsky and Sverdlovsky districts of Oryol region, Rognedinsky district of Bryansk region.

Keywords: iodine, pasture soils, Bryansk Region, Oryol Region, Kaluga Region, thyroid diseases, agricultural products, radionuclides

Acknowledgements and Funding. The work was carried out under the state order of the Laboratory of Environmental Biogeochemistry of the Geochemical Institute of the Russian Academy of Sciences, with the participation of specialists from the Institute of Ecology of the Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba, supported by Research No. 202726-0-000 “Radiation safety of food products of plant and chicken origin”.

Authors' contributions: *V.Yu. Berezkin* – general organization of work, field expeditionary research in the Oryol region and Bryansk region, measurement of iodine in soils, grass cuttings and food products; *V.S. Baranchukov* – field expeditionary research in the Oryol region and Bryansk region, work with data, statistical and cartographic processing of materials, preparation of graphs and tables for the article; *L.I. Kolmykova* – field expeditionary research in the Oryol region and Bryansk region, iodine measurement; *G.A. Kulieva* – organization of work and field research in the Kaluga region (May 2023), sampling and measurement of radioactivity; *A.S. Bagautdinova* – expeditionary field research, sampling in the Kaluga region; *Yu.V. Topilskaya* – expeditionary field research, sampling in the Kaluga region.

Article history: received 18.04.2023; revised 15.09.2023; accepted 10.10.2023

For citation: Berezkin VYu, Baranchukov VS, Kolmykova LI, Kulieva GA, Bagautdinova AS, Topilskaya YuV. Iodine in soils, pasture vegetation cuttings, and local food products of certain regions of Russia affected by the Chernobyl nuclear power plant accident. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2023;31(4):419–434. (In Russ.) <http://doi.org/10.22363/2313-2310-2023-31-4-419-434>

Введение

Йододефицит, по данным ВОЗ, – одна из глобальных медико-социальных проблем современного общества, наряду с инфекционными заболеваниями, загрязнением воздуха, изменением климата и др. По разным оценкам, от 1,5 до 2 миллиардов человек живут в условиях йодного дефицита, что часто является скрытой причиной многих заболеваний. При этом содержание йода в окружающей среде зависит от географического положения (удаленности от океанов), рельефа местности (равнины или горы), горных пород

(карбонатных и бескарбонатных), почв (органическое вещество, гумусовые кислоты, засоление). Источниками йода в организме человека, безусловно, являются пищевые продукты, в том числе местного происхождения (трофическая цепь, замкнутая на почвы), а в меньшей степени – питьевые воды и атмосферный воздух.

Недостаток йода в окружающей среде и, как следствие, его недостаточное поступление в организм человека провоцируют возникновение йододефицитных заболеваний у людей и сельскохозяйственных животных (в том числе гипотиреоза, узловых новообразований щитовидной железы, необратимых нарушений мозга у плода и новорожденного), приводят к умственной и физической утомляемости, снижению иммунитета, развитию эндемичного зоба [1–3]. На развитие йододефицитных заболеваний, безусловно, влияют и другие факторы, такие как недостаток в почвах Se, Co, Cu, Mn, но роль йода все же является определяющей [4; 5].

Природный йододефицит в некоторых регионах усугубил проблемы, вызванные поступлением в пищевые цепи короткоживущих радиоактивных изотопов этого элемента вследствие аварии на Чернобыльской АЭС (ЧАЭС) в 1986 г. На территории Российской Федерации радиоактивному загрязнению в результате аварии ЧАЭС подверглись 16 областей, а наибольшие уровни загрязнения зафиксированы в Брянской, Тульской, Орловской и Калужской областях. При этом почвы этих областей до настоящего времени активно используются в сельском хозяйстве [6; 7].

Медицинское обследование различных групп местного населения в пострадавших регионах России после аварии выявило выраженный рост заболеваемости раком щитовидной железы, в том числе среди детей, что могло быть связано с сочетанным воздействием выпадения радиоизотопа ^{131}I и с природным дефицитом стабильного йода в этих районах [7–12].

Дефицит или избыток йода наиболее выражено проявляется в сельской местности, что связано с особенностями структуры питания сельских жителей, большая часть диеты которых состоит из продуктов питания, выращивается на приусадебных участках и личных подсобных хозяйствах (ЛПХ). При одном и том же уровне так называемого «йодного удара» (выпадения короткоживущих изотопов йода) на фоне йододефицита в некоторых районах исследуемых областей население могло пострадать сильнее, чем в районах с более высоким содержанием стабильного йода в окружающей среде вследствие более активного поступления радиоизотопов йода в испытывающую дефицит стабильного йода щитовидную железу.

Целью исследований была оценка суммарного природно-техногенного риска заболеваемости населения Калужской, Брянской и Орловской областей раком щитовидной железы на уровне отдельных населенных пунктов на основе экспериментальных данных.

Методы и материалы

Полевые исследования проводились в летний период 2021–2023 гг. вблизи населенных пунктов (рис. 1). В каждом населенном пункте (НП) выбирались тестовые площадки на пастбищах с учетом рельефа: автономные (суходолы) и сопряженные с ними подчиненные (мезогидрофитные и гидрофитные луга).

В ходе обследования тестовых площадок осуществлялись:

1) измерение плотности загрязнения почвы ^{137}Cs с помощью переносной гамма-спектрометрической установки Violinist III (TSA Systems Ltd., США), оснащенной сцинтилляционным детектором типа SPA-3 с кристаллом NaI(Tl);

2) определение мощности эквивалентной дозы гамма-излучения дозиметрами MIRA-661 (Genitron Instruments GmbH, Германия) и RadiaCode-101 (ООО «Скан Электроникс», Россия) со сцинтилляционным детектором с кристаллом CsI(Tl);

3) отбор секатором на высоте 2 см от поверхности почвы средней пробы луговых трав с площадки 20×20 см либо 40×40 см (в зависимости от однородности и плотности фитомассы);

4) отбор образцов почв ручным буром из верхнего слоя мощностью 20 см, послойно: в интервале глубин 0–5; 5–10 и 10–20 см на пастбищах и 0–10; 10–20 см на личных подсобных хозяйствах (ЛПХ).

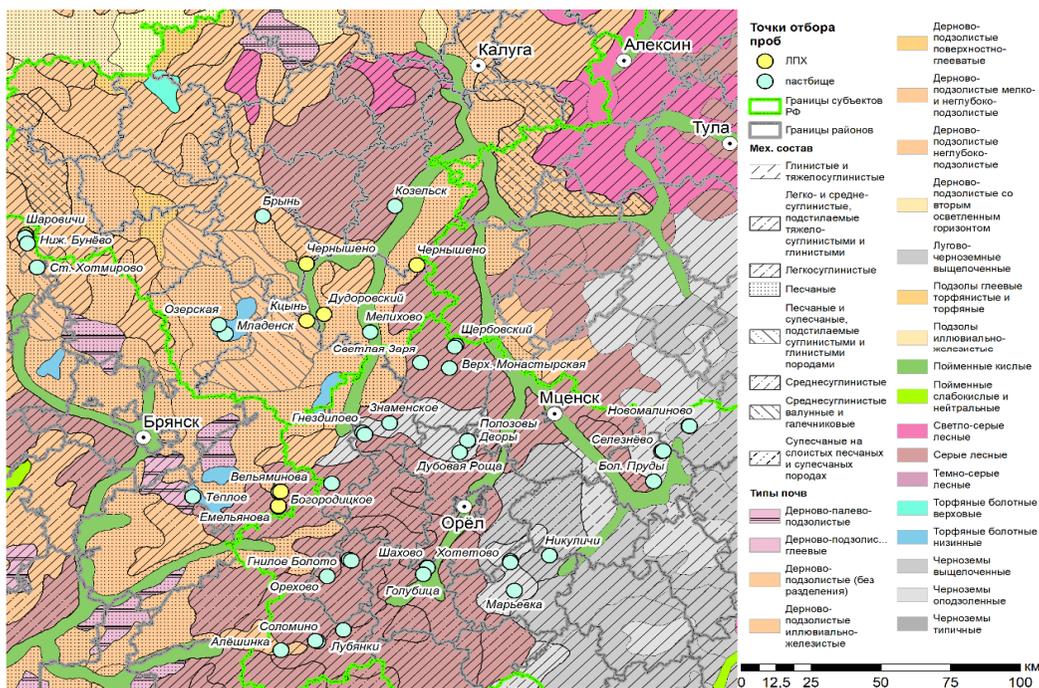


Рис. 1. Карта фактического материала

Источник: собственные полевые данные, наложенные на почвенную карту Восточно-Европейской равнины (фрагмент) масштаб 1:200000 /

Figure 1. Map of the actual material

Source: own field data superimposed on the soil map of the East European plain (fragment) scale 1:200000.

Молоко коров отбирали в личных подсобных хозяйствах, из предоставленной хозяевами коров емкости в пластиковый флакон объемом 50 мл (под крышку). Ежедневно флаконы с молоком замораживались в морозильной камере. Транспортировка всех отобранных проб молока для последующего анализа осуществлялась в специальной сумке-«холодильнике». По прибытии пробы помещались в морозильную камеру. Клубни картофеля отбирались или непосредственно с картофельного поля, сопряженно с почвенным керном, или, при отсутствии такой возможности, – в личных подсобных хозяйствах из предоставленных хозяевами запасов.

Содержание йода в почвах, растениях (измельченных укусах трав), молоке и клубнях картофеля определялось кинетическим роданидно-нитритным методом [13] в лаборатории биогеохимии окружающей среды ГЕОХИ РАН (Москва). Молоко перед измерением йода подвергалось разморозке, клубни очищали от перидермы и измельчали для гомогенизации пробы. Клубни, молоко и укусы трав проходили перед измерением единую стандартную пробоподготовку для растений и пищевых продуктов [13].

Статистическую обработку результатов проводили в программных комплексах Microsoft Excel и TIBCO STATISTICA 13.3. Всего было обследовано 45 индивидуальных точек отбора почв, характеризующих различные типы пастбищных почв (дерново-подзолистые, серые, черноземы и др. (названия почв даны по классификации почв России, 2004 г. [14]) вблизи 38 населенных пунктов. Полученные результаты заносились в базу данных, интегрированную в геоинформационную среду «Брянск-йод», созданную на базе ArcGIS 10.8.1.

Результаты

Установлено, что содержание йода в верхнем слое почвы (0–5 см) исследуемой территории варьирует в широких пределах (дерново-подзолистые 0,31–0,81 мг/кг, $n = 10$, серые 0,53–1,73 мг/кг, $n = 18$, черноземы 1,99–3,04 мг/кг, $n = 13$). Для более глубоких слоев (5–10 см, 10–20 см) наблюдалась схожая картина с меньшим размахом варьирования, за исключением дерново-подзолистых почв (рис. 2). При этом выявлено убывание медианных значений концентрации йода с глубиной для черноземов, в то время как для дерново-подзолистых и серых почв его содержание максимально в нижнем отобранном слое (10–20 см).

По-видимому, выявленное распределение может быть связано с ролью органического вещества почв в фиксации йода. В более бедном органическим веществом верхнем горизонте серых и дерново-подзолистых почв происходит потеря йода из верхних слоев, в то время как в черноземах он образует прочное соединение с гумусовыми кислотами, оставаясь при этом доступным для растений.

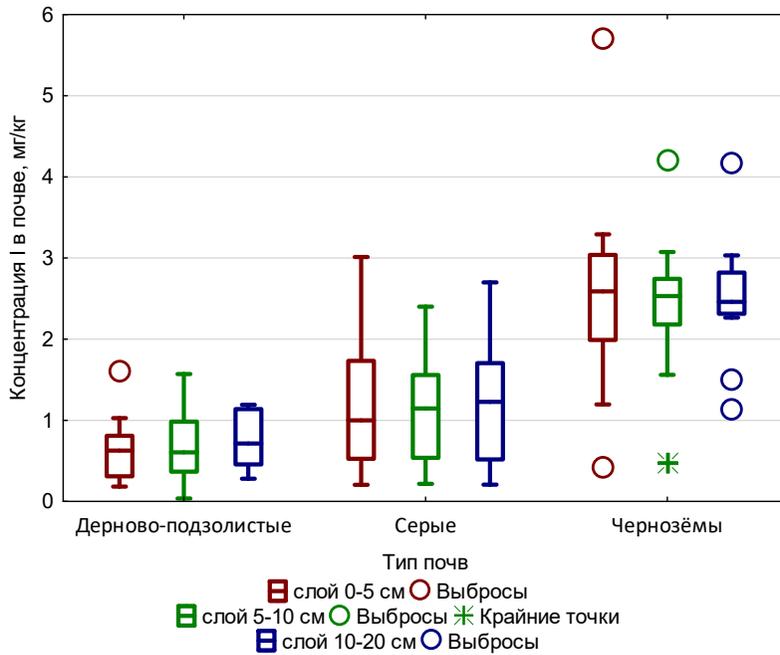


Рис. 2. Показатели варьирования содержания йода в верхних слоях разных типов почв пастбищ / Figure 2. Indicators of variation of iodine content in the upper layers of different types of pasture soils

Содержание йода в пастбищной растительности также варьировало в широких пределах от 0,14 мг/кг до 0,29 мг/кг на воздушно-сухой вес (рис. 3).

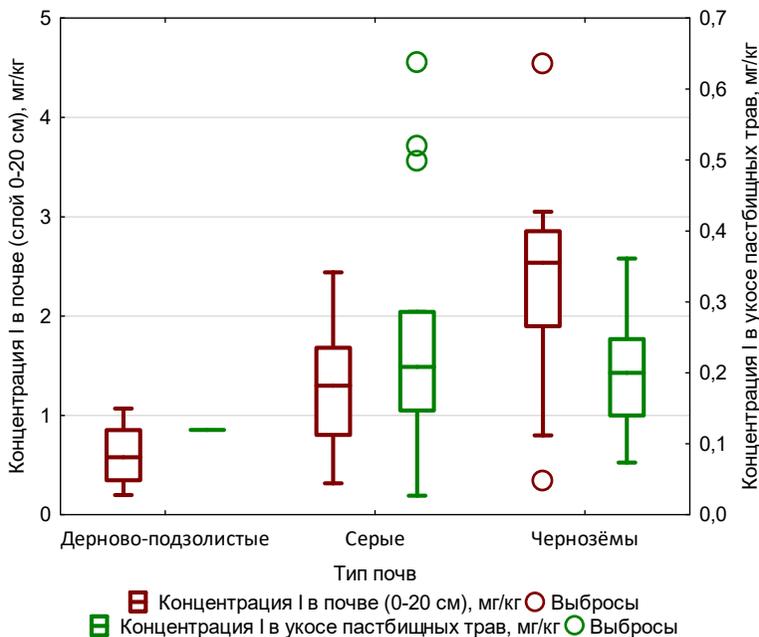


Рис. 3. Показатели варьирования содержания йода в почвах и укосах трав пастбищ / Figure 3. Indicators of variation of iodine content in soils and grass mowing pastures

Обращает на себя внимание более высокое содержание йода в укосах трав с отдельных пастбищ на серых почвах в сравнении с укосами с более плодородных черноземов. По-видимому, для этих точек опробования большое значение имеет избирательное накопление микроэлементов, в том числе и йода, отдельными растительными ассоциациями (преобладание бобовых) (см. рис. 4).

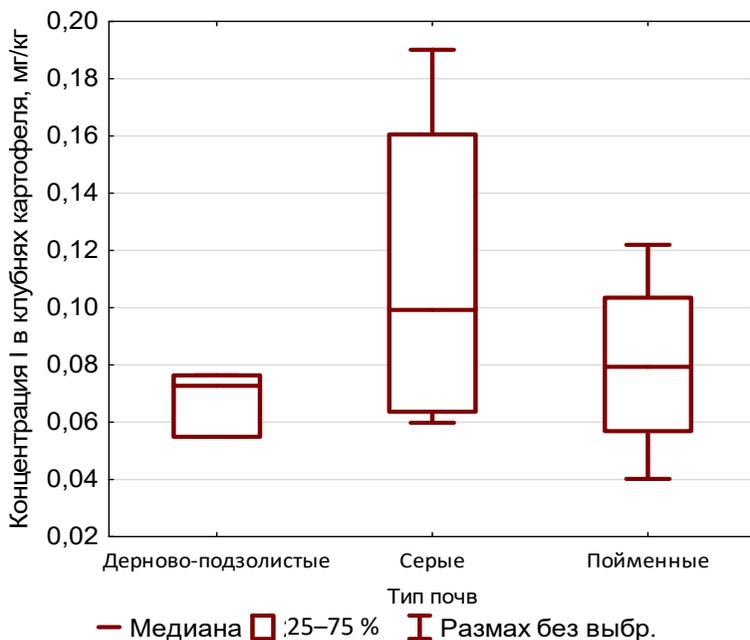


Рис. 4. Йод в клубнях картофеля ЛПХ исследованных областей /
Figure 4. Iodine in potato tubers of private farms of the studied areas

Содержание йода в клубнях картофеля варьировало в широких пределах от 0,08 мг/кг до 0,19 мг/кг на сырой вес. Основным фактором, обуславливающим варьирование, может являться низкое содержание йода в почвах ЛПХ. Следует обратить внимание что часть ЛПХ, где был отобран картофель, располагалась в долинах рек, на пойменных почвах. Содержание йода в отобраных там клубнях картофеля уступало в пределах варьирования йода лишь образцам, выращенным на серых почвах, но превосходило дерново-подзолистые почвы размахом и медианным значением (см. рис. 3). В западных районах Орловской области картофель не отбирался, что обусловлено сменой почвенного покрова (на черноземах картофель обычно не выращивают).

Содержание йода в молоке коров, выпасаемых на исследованных пастбищах, варьировало от 5,4 до 57,7 мг/кг ($n = 12$).

Содержание йода в молоке закономерно оказалось наиболее высоким у коров, выпасавшихся на приуроченных к серым почвам пастбищах ($Me = 15,9$ мкг/л). Меньшие концентрации йода характерны для молока скота, выпасаемого на пастбищах на пойменных почвах ($Me = 14,9$ мкг/л). Наименьшее содержание йода отмечено для молока коров, питающихся на пастбищах,

приуроченных к дерново-подзолистым почвам (рис. 5). Выявленные ранее закономерности взаимосвязи йода в системе «почва – укусы трав – молоко коров», подтвержденные новыми данными, позволяют предложить, что максимальное значение йода в молоке коров исследуемого района следует ожидать для черноземных степей Орловской области. Однако отсутствие фактических данных по молоку за исследуемый период (2021–2023 гг.) пока оставляет данное утверждение рабочей гипотезой (рис. 6).

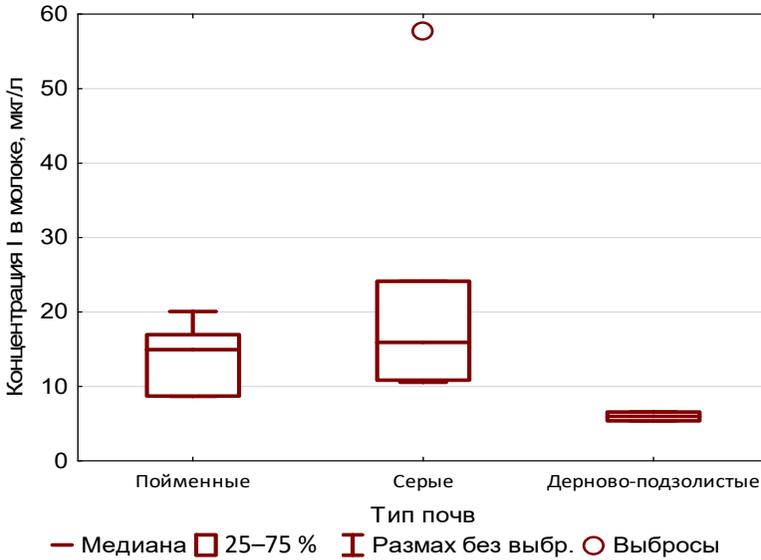


Рис. 5. Содержание йода в молоке коров Калужской и Брянской области, выпасаемых на пастбищах с разным типом почв / Figure 5. Iodine content in milk of cows of Kaluga and Bryansk regions grazed on pastures with different soil types

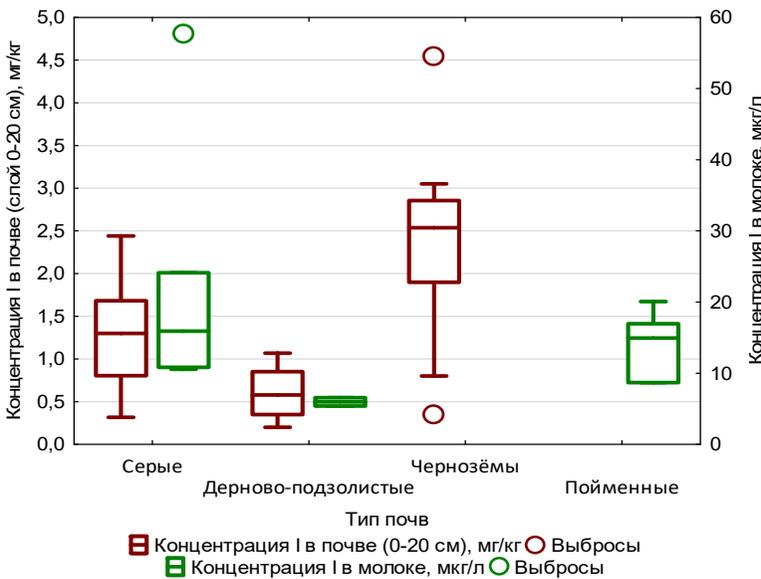


Рис. 6. Зависимость содержания йода в молоке коров от его содержания в почвах пастбищ / Figure 6. Dependence of iodine content in cow's milk on its content in pasture soils

Предполагается, что большой разброс значений содержания йода, наблюдавшийся во всех типах почв, в особенности для серых почв (крайние точки и выбросы), может быть объяснен влиянием неучтенных в данной группировке факторов, например вариабельностью гранулометрического состава, а также спецификой использования угодий, предшествующей хозяйственной деятельностью и т.д.

Обследованные пастбища характеризовались поверхностной активностью ^{137}Cs , приведенной к 2021 г., от 12,5 до 114,7 кБк/м² (медиана (Ме) = 25,1 кБк/м²), эквивалентная доза гамма-излучения в приповерхностном слое варьировала в диапазоне 0,07–0,17 мкЗв/ч (Ме = 0,10 мкЗв/ч), что позволяет ретроспективно (по [15]) оценить возможное выпадение ^{131}I на 10 мая 1986 г. в изучаемых НП на уровне от 448 до 1466 кБк/м² (Ме = 760 кБк/м²). Наибольшие уровни загрязнения почв в обследованных НП были зафиксированы в Жиздринском районе Калужской области. Сопоставление результатов полевых измерений активности ^{137}Cs с опубликованными данными [16] показали высокую ($r = 0,890$) значимую ($p < 0,0001$) сходимость (рис. 7) результатов.

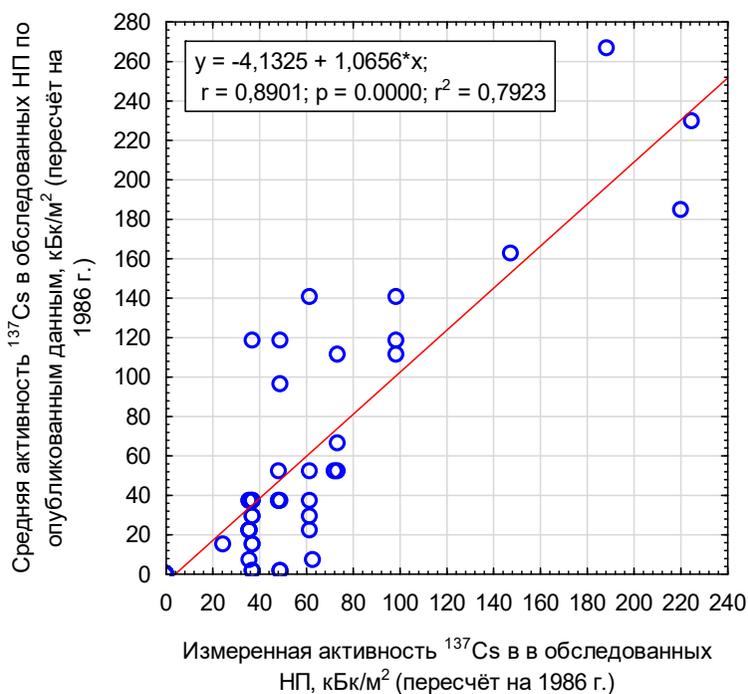


Рис. 7. Сопоставление полевых измерений активности ^{137}Cs с опубликованными данными /
Figure 7. Comparison of field measurements of ^{137}Cs activity with published data

Для оценки риска заболеваемости раком щитовидной железы (код МКБ-10 С73) среди сельского населения использовалась методика [17], учитывающая два ключевых фактора возникновения заболевания: природный дефицит, который оценивался на основе концентраций стабильных изотопов I в

слое 0-20 см почвы с учетом пороговых концентраций Ковальского [3] и техногенное загрязнение почвы радиоизотопами йода, которое оценивалось ретроспективно, на основе данных полевых измерений активности ^{137}Cs . По каждому из параметров каждый НП был отнесен к одной из шести групп риска (где 1 – минимальный риск, 6 – максимальный риск), после чего, в соответствии с методикой, проводилась взвешенная оценка, в которой вес фактора техногенного загрязнения составлял 72 %, природного йододефицита – 28 %. Обобщенные результаты оценки риска по районам приведены в таблице.

Оценка риска заболеваемости раком щитовидной железы населения обследованных населенных пунктов

Область, район (округ)	Обследовано НП	Балльная оценка риска
Брянская обл., в т.ч.:	6	2,3
Карачевский район	3	1,9
Рогнединский район	3	2,8
Калужская обл., в т.ч.:	5	3,3
Думиничский район	1	1,8
Жиздринский район	2	4,1
Козельский район	1	2,1
Ульяновский район	1	4,2
Орловская обл., в т.ч.:	21	2,5
Болховский район	3	3,8
Дмитровский район	3	2,8
Знаменский район	2	1,8
Корсаковский район	1	2,4
Кромской район	2	2,1
Новосильский район	2	2,4
Орловский округ	2	2,1
Свердловский район	3	2,8
Сосковский район	2	2,3
Хотынецкий район	1	1,5

Assessment of the risk of thyroid cancer in the population of the surveyed settlements

Region, district	Settlements surveyed	Risk score
Bryansk region, including:	6	2.3
Karachevsky district	3	1.9
Rognedinsky district	3	2.8
Kaluga Region, including:	5	3.3
Duminichi district	1	1.8
Zhizdrinsky district	2	4.1
Kozelsky district	1	2.1
Ulyanovsk district	1	4.2
Oryol region, including:	21	2.5
Bolkhovsky district	3	3.8
Dmitrovsky district	3	2.8
Znamensky district	2	1.8
Korsakovsky district	1	2.4
Kromsky district	2	2.1
Novosilsky district	2	2.4
Oryol district	2	2.1
Sverdlovsk district	3	2.8
Soskovsky district	2	2.3
Khotynetsky district	1	1.5

Обсуждение

Выявленное закономерное возрастание содержания йода в почвенном покрове и укосах трав от Калужской и Брянской к Орловской области не может быть объяснено в рамках нарастания континентальности как одного из важнейших факторов йододефицита. Очевидно, что наибольшее значение в закономерностях распределения йода в почвах исследуемых областей приобретает эдафический фактор: фиксация богатыми органическим веществом почвами (черноземами) йода в сравнении с более бедными серыми и дерново-подзолистыми почвами имеет решающее значение в сравнении с удаленностью от моря (основного источника йода в биосфере [4]).

Подтверждено, что содержание йода в почвенном покрове пастбищ непосредственно отражается на его содержании в пастбищной растительности и молоке крупного рогатого скота. При этом широкое варьирование содержания йода в укосах трав пастбищ в пределах одного типа почв не может быть объяснено одним лишь эдафическим фактором. Большое значение может приобретать и избирательное накопление йода отдельными видами и, главным образом, ассоциациями растений.

Содержание йода в клубнях картофеля в значительной мере может определяться не столько типом почв (на наиболее богатых йодом почвах исследуемого района картофель не культивируют), сколько применяемыми удобрениями и особенностями сельскохозяйственных работ на данной территории. Таким образом, выявленное низкое содержание йода в клубнях картофеля Брянской и Калужской областей свидетельствует в первую очередь о дефиците йода в традиционных продуктах питания местного населения.

Выводы

Проведенные исследования подтвердили зависимость содержания йода в верхнем горизонте пастбищных почв от содержания органического углерода, обусловленного, прежде всего, зонально-климатическими факторами (закономерной сменой зональных почв) и положением пастбищных угодий в рельефе.

Выявлено закономерное убывание медианных и средних значений содержания йода в ряду: черноземы > серые > дерново-подзолистые почвы.

Показано, что почвы обследованных пастбищ Брянской и юга Калужской областей в целом беднее йодом в сравнении с Орловской областью, что обусловлено сменой почвенного покрова с северо-запада на юго-восток.

Низкое содержание йода в традиционных продуктах питания местного населения (молоке коров и клубнях картофеля), производимых на личных подсобных хозяйствах, обусловлено, в первую очередь, слабой фиксацией йода в почвах, бедных органическим веществом.

Наибольший сочетанный природно-техногенный риск заболеваемости сельского населения раком щитовидной железы в результате последствий аварии на ЧАЭС 1986 г. характерен для обследованных населенных пунктов

Жиздринского района Калужской области, Болховского, Дмитровского и Свердловского района Орловской области, Рогнединского района Брянской области. Риск заболеваемости в Знаменском и Корсаковском районе Орловской области оценен как низкий.

Полученные данные могут быть использованы при организации мониторинга и проведении мероприятий по профилактике йододефицитных заболеваний в зонах потенциально возможного радиоактивного загрязнения.

Список литературы

- [1] *Авцын А.П., Жаворонков А.А., Риш М.А., Строчкова Л.С.* Микроэлементозы человека. М.: Медицина, 1993. 496 с.
- [2] *Дедов И.И., Свириденко Н.Ю., Герасимов Г.А.* Оценка йодной недостаточности в отдельных регионах России // Проблемы эндокринологии. 2000. № 6. С. 3–7.
- [3] *Ковальский В.В.* Геохимическая экология. М.: Наука, 1974. 303 с.
- [4] *Кашин В.К.* Биогеохимия, физиология и агрохимия йода. Ленинград: Наука, 1987. 261 с.
- [5] *Коробова Е.М., Тюрюканова Э.Б.* Йод в ландшафтах Нечерноземного центра Русской равнины // Геохимия. 1984. № 9. С. 1378–1388.
- [6] *Герасимов Г.А., Фигге Д.* Чернобыль 20 лет спустя // Клиническая и экспериментальная тиреоидология. 2006. № 2. С. 5–13.
- [7] *Звонова И.А., Балонов М.И., Братилова А.А., Данилова И.О., Власов О.К., Щукина Н.В.* Дозы облучения щитовидной железы у населения России вследствие выпадений радиоактивного йода после аварии на Чернобыльской АЭС // Атомная энергия. 2004. № 4. С. 310–316.
- [8] *Коробова Е.М., Кувылин А.И.* Природные биогеохимические провинции с низким содержанием йода как районы дополнительного экологического риска в зонах воздействия аварии на Чернобыльской АЭС // Биогеохимическая индикация аномалий: материалы Пятых биогеохим. чтений, Москва, 8 июня 2004 г. М.: Наука, 2004. С. 156–167.
- [9] *Berezkin V., Korobova E., Romanov S., Baranchikov V.* A study of iodine concentration in soils and grasses of pastures of Bryansk and Gomel regions affected by the Chernobyl accident as a possible factor contributing to thyroid diseases among local population // EGU General Assembly 2021, Online, 19–30 Apr 2021. Vienna, 2021. EGU21–12293. <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu21-12293>
- [10] *Cardis E., Kesminiene A., Ivanov V., Malakhova I., Shibata Y., Khrouch V., Drozdovitch V., Maceika E., Zvonova I., Vlassov O., Bouville A., Goulko G., Hoshi M., Abrosimov A., Anoshko J., Astakhova L., Chekin S., Demidchik E., Galanti R., Ito M., Korobova E., Lushnikov E., Maksioutov M., Masyakin V., Nerovnia A., Parshin V., Parshkov E., Piliptsevich N., Pinchera A., Polyakov S., Shabeka N., Suonio E., Tenet V., Tsyb A., Yamashita S., Williams D.* Risk of thyroid cancer after exposure to ¹³¹I in childhood // J. Natl. Cancer Inst. 2005. Vol. 97 (10). P. 724–732. <https://doi.org/10.1093/jnci/dji129>
- [11] *Korobova E.M., Romanov S.L., Silenok A.V., Kurnosova I.V., Chesalova E.I., Beriozkin V.Yu.* Iodine deficiency in soils and evaluation of its impact on thyroid gland diseases in areas subjected to contamination after the Chernobyl accident // J. Geochem. Explor. 2014. Vol. 142. P. 82–93. <https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2014.02.028>
- [12] *Shakhtarin V.V., Tsyb A.F., Stepanenko V.F., Orlov M.Y., Kopecky K.J., Davis S.* Iodine deficiency, radiation dose, and the risk of thyroid cancer among children and adolescents

- in the Bryansk region of Russia following the Chernobyl power station accident // *Int. Journal Epidemiology*. 2003. Vol. 32 (4). P. 584–591. <https://doi.org/10.1093/ije/dyg205>
- [13] Проскуракова Г.Ф., Никитина О.Н. Ускоренный вариант кинетического роданидно-нитритного метода определения микроколичеств йода в биологических объектах // *Агрохимия*. 1976. № 7. С. 140–143.
- [14] Шишов Л.Л., Тонконогов В.Д., Лебедева И.И., Герасимова М.И., Добровольский Г.В. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.
- [15] Zvonova I.A., Balonov M.I., Bratilova A.A., Danilova I.O., Vlasov O.K., Shchukina N.V. Thyroid-Gland Irradiation Dose in the Russian Population Due to the Fallout of Radioactive Iodine After the Chernobyl Accident // *Atomic Energy*. 2004. № 96(4). P. 287–293. <https://doi.org/10.1023/B:ATEN.0000036000.61155.a0>
- [16] Данные по радиоактивному загрязнению территории населенных пунктов Российской Федерации цезием – 137, стронцием – 90 и плутонием – 239+240 / под ред. С.М. Вакуловского. Обнинск: ФГБУ «НПО «Тайфун»», 2016.
- [17] Korobova E.M., Baranchukov V.S., Kurnosova I.V. et al. Spatial geochemical differentiation of the iodine-induced health risk and distribution of thyroid cancer among urban and rural population of the Central Russian plain affected by the Chernobyl NPP accident // *Environ Geochem Health*. 2022. No. 44. P. 1875–1891. <https://doi.org/10.1007/s10653-021-01133-4>

References

- [1] Avtsyn AP, Zhavoronkov AA, Rish MA, Strochkova LS. Human trace elements. Moscow: Medicine; 1993. 496 p.
- [2] Dedov II, Sviridenko NYu, Gerasimov GA. Assessment of iodine deficiency in certain regions of Russia. *Problems of endocrinology*. 2000;6:3–7.
- [3] Kovalsky VV. Geochemical ecology. Moscow: Nauka, 1974. 303 p.
- [4] Kashin VK. Biogeochemistry, phytophysiology and agrochemistry of iodine. Leningrad: Nauka; 1987. 261 p.
- [5] Korobova EM, Tyuryukanova EB. Iodine in the landscapes of the Non-Chernozem center of the Russian plain. *Geochemistry*. 1984;9:1378–1388.
- [6] Gerasimov GA, Figge D. Chernobyl 20 years later. *Clinical and experimental thyroidology*. 2006;2:5-13.
- [7] Zvonova IA, Balonov MI, Bratilova AA, Danilova IO, Vlasov OK, Shchukina NV. Doses of thyroid radiation in the Russian population due to radioactive iodine precipitation after the Chernobyl accident. *Atomic Energy*. 2004;4:310–316.
- [8] Korobova EM, Kuvylin AI. Natural biogeochemistry Natural biogeochemical provinces with low iodine content as areas of additional environmental risk in the impact zones of the Chernobyl accident. *Biogeochemical indication of anomalies: materials of the Fifth Biogeochemistry. Readings. Moscow, June 8, 2004*. Moscow: Nauka; 2004. p. 156–167.
- [9] Berezkin VYu. A study of iodine concentration in soils and grasses of pastures of Bryansk and Gomel regions affected by the Chernobyl accident as a possible factor contributing to thyroid diseases among local population. *EGU General Assembly 2021*, Online, 19–30 Apr 2021. Vienna, 2021. EGU21–12293. <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu21-12293>
- [10] Cardis E. Risk of thyroid cancer after exposure to ¹³¹I in childhood. *J. Natl. Cancer Inst.* 2005;97(10):724–732.
- [11] Korobova EM. Iodine deficiency in soils and evaluation of its impact on thyroid gland diseases in areas subjected to contamination after the Chernobyl accident. *J. Geochem. Explor.* 2014;142:82–93.

- [12] Shakhtarin VV. Iodine deficiency, radiation dose, and the risk of thyroid cancer among children and adolescents in the Bryansk region of Russia following the Chernobyl power station accident. *Int. Journal Epidemiology*. 2003;32(4):584–591.
- [13] Proskuryakova GF, Nikitina ON. Accelerated version of the kinetic rhodanide-nitrite method for determining trace amounts of iodine in biological objects. *Agrochemistry*. 1976;7:140–143.
- [14] Shishov LL, Tonkonogov VD, Lebedeva II, Gerasimova MI, Dobrovolsky GV. *Classification and diagnostics of soils of Russia*. Smolensk: Oikumena; 2004. 342 p.
- [15] Zvonova, IA, Balonov MI, Bratilova AA, Danilova IO, Vlasov OK, Shchukina NV. Thyroid-Gland Irradiation Dose in the Russian Population Due to the Fallout of Radioactive Iodine After the Chernobyl Accident. *Atomic Energy*. 2004;96(4):287–293.
- [16] Vakulovsky SM. *Data on radioactive contamination of the territory of settlements of the Russian Federation with cesium – 137, strontium – 90 and plutonium – 239+240*. Obninsk: FSBI NPO Typhoon; 2016.
- [17] Korobova, EM, Baranchukov VS, Kurnosova IV, Silenok AV. Spatial geochemical differentiation of the iodine-induced health risk and distribution of thyroid cancer among urban and rural population of the Central Russian plain affected by the Chernobyl NPP accident. *Environ Geochem Health*. 2022;44:1875–1891. <https://doi.org/10.1007/s10653-021-01133-4>

Сведения об авторах:

Березкин Виктор Юрьевич, кандидат геолого-минералогических наук, доцент департамента экологии человека и биоэлементологии, институт экологии, Российский университет дружбы народов, Российская Федерация, 115093, Москва, ш. Подольское, д. 8/5; старший научный сотрудник лаборатории биогеохимии окружающей среды ГЕОХИ РАН, Российская Федерация, 119991, Москва, ул. Косыгина, д. 19. ORCID: 0000-0002-1025-638X, SPIN-код: 7074-9478. E-mail: victor76@list.ru

Баранчуков Владимир Сергеевич, научный сотрудник лаборатории биогеохимии окружающей среды ГЕОХИ РАН, Российская Федерация, 119991, Москва, ул. Косыгина, д. 19. ORCID: 0000-0003-1519-9983, SPIN-код 2266-2251. E-mail: baranchukov@gmail.com

Колмыкова Людмила Игоревна, кандидат геолого-минералогических наук, ученый-секретарь, научный сотрудник лаборатории биогеохимии окружающей среды ГЕОХИ РАН, Российская Федерация, 119991, Москва, ул. Косыгина, д. 19. ORCID: 0000-0003-4070-9869, SPIN-код 6439-2397. E-mail: kmila9999@gmail.com

Кулиева Гульнора Александровна, кандидат биологических наук, доцент департамента экологии человека и биоэлементологии, институт экологии, Российский университет дружбы народов, Российская Федерация, 115093, Москва, ш. Подольское, д. 8/5. ORCID: 0000-0002-0076-5762, SPIN-код 6439-2397. E-mail: gkulieva@mail

Багаутдинова Александра Сергеевна, студентка департамента экологии человека и биоэлементологии, институт экологии, Российский университет дружбы народов, Российская Федерация, 115093, Москва, ш. Подольское, д. 8/5. ORCID: 0009-0006-4034-1231. E-mail: 1032201838@rudn.ru

Топильская Юлия Всеволодовна, студентка департамента экологии человека и биоэлементологии, институт экологии, Российский университет дружбы народов, Российская Федерация, 115093, Москва, ш. Подольское, д. 8/5. ORCID: 0009-0003-4084-9770. E-mail: 1032201815@rudn.ru

Bio notes:

Victor Yu. Berezkin, Ph.D. of Geology, Associate Professor of the Department of Human Ecology and Bioelementology, Institute of Ecology, RUDN University, 8/5 Podolskoe shosse, Moscow, 115093, Russian Federation; Senior Researcher Laboratory of Environmental Biogeochemistry GEOKHI RAS, 19 St Kosygina, Moscow, 119991, Russian Federation. ORCID: 0000-0002-1025-638X, eLibrary SPIN code: 7074-9478. E-mail: victor76@list.ru

Vladimir S. Baranchukov, Researcher at the Laboratory of Environmental Biogeochemistry of the Geochemical Institute of the Russian Academy of Sciences, 19 St Kosygina, Moscow, 119991, Russian Federation. ORCID: 0000-0003-1519-9983, SPIN-код 2266-2251. E-mail: baranchukov@gmail.com

Lyudmila I. Kolmykova, Ph.D. of Geology, Scientist-Secretary, Researcher at the Laboratory of Environmental Biogeochemistry of the Geochemical Institute of the Russian Academy of Sciences, 19 St Kosygina, Moscow, 119991, Russian Federation. ORCID: 0000-0003-4070-9869, SPIN-код 6439-2397. E-mail: kmila9999@gmail.com

Gulnara A. Kulieva, Ph.D. of Biology, Associate Professor of the Department of Human Ecology and Bioelementology, Institute of Ecology, RUDN University, 8/5 Podolskoe shosse, Moscow, 115093, Russian Federation. ORCID: 0000-0002-0076-5762, SPIN-код 6439-2397. E-mail: gkulieva@mail

Alexandra S. Bagautdinova, Student of the Department of Human Ecology and Bioelementology, Institute of Ecology, RUDN University, 8/5 Podolskoe shosse, Moscow, 115093, Russian Federation. ORCID: 0009-0006-4034-1231. E-mail: 1032201838@rudn.ru

Yulia V. Topilskaya, Student of the Department of Human Ecology and Bioelementology, Institute of Ecology, RUDN University, 8/5 Podolskoe shosse, Moscow, 115093, Russian Federation. ORCID:0009-0003-4084-9770. E-mail: 1032201815@rudn.ru