

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco630140>

Оценка региональных факторов экспозиции, связанных с воздействием почвы в городах Арктического региона

А.Н. Дерябин¹, Т.Н. Унгурану²

¹ Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Архангельской области, Архангельск, Россия;

² Северный государственный медицинский университет, Архангельск, Россия

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Неблагоприятные климатические условия определяют особенности взаимодействия человека с почвой на северных территориях, которые отличаются от южных регионов России. При оценке риска стандартные факторы экспозиции необходимо корректировать с учётом региональных особенностей.

Цель. Изучить региональные факторы экспозиции, используемые для расчёта риска здоровью при воздействии химических веществ, загрязняющих почву в городах Арктической зоны.

Материал и методы. Выполнено поперечное исследование путём анкетирования 752 детей в возрастной группе от 1 до 6 лет, 1027 детей — от 7 до 17 лет и 323 взрослых 18 лет и старше, проживающих в городах Арктической зоны Российской Федерации. Изучены физиологические и поведенческие факторы экспозиции, связанные с воздействием почвы на организм человека. Для описания данных использованы медиана (Me), относительные частоты, 95% доверительные интервалы. Для проверки нулевых гипотез применяли непараметрические критерии: критерий Краскела–Уоллиса, двухвыборочный критерий Вилкоксона, критерий хи-квадрат.

Результаты. Продолжительность пребывания в городах у детей в возрасте 1–6 лет (Me=325 дней) на 10 дней больше, чем у детей 7–17 лет и взрослых ($p < 0,001$). У детей в возрасте 1–6 лет длительность игры на земле/песке с мая по октябрь (Me=48 дней) и время игры (Me=50 мин/день) в 3,2 и 1,3 раза соответственно выше, чем у детей 7–17 лет ($p < 0,001$). У взрослого населения время пребывания на земельном участке с мая по октябрь (Me=50 дней) и длительность работы с почвой (130 мин/день) в 1,7 и 2,2 раза соответственно выше, чем у детей 7–17 лет ($p < 0,001$). Значения среднесуточных доз при пероральном воздействии химических веществ, загрязняющих почву и рассчитанных с использованием региональных факторов экспозиции, у детей Архангельской агломерации в 2–10 раз выше, а у взрослых — в 5 и 1,2 раза ниже по сравнению с дозами, рассчитанными с использованием значений факторов экспозиции, рекомендованных ВОЗ и US EPA.

Заключение. Выявлены различия в количественных и категориальных значениях большинства региональных факторов экспозиции, связанных с поступлением почвы в организм населения разных возрастных групп. Использование региональных данных о факторах экспозиции, характерных для отдельной популяции, позволяет увеличить точность и надёжность оцениваемого риска для здоровья населения.

Ключевые слова: факторы экспозиции; химические вещества; оценка риска для здоровья; почва.

Как цитировать:

Дерябин А.Н., Унгурану Т.Н. Оценка региональных факторов экспозиции, связанных с воздействием почвы в городах Арктического региона // Экология человека. 2024. Т. 31, № 4. С. 268–278. DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco630140>

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco630140>

Assessment of regional exposure factors associated with soil impact in cities of the Arctic region

Aleksey N. Deryabin¹, Tatiana N. Unguryanu²

¹ Federal Service for Surveillance over Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, Arkhangelsk Region office, Arkhangelsk, Russia;

² Northern State Medical University, Arkhangelsk, Russia

ABSTRACT

BACKGROUND: Unfavorable climatic conditions determine the interaction between people and soil in northern territories, differing from those in southern regions of Russia. When assessing risks, standard exposure factors (EFs) must be adjusted to reflect regional characteristics.

AIM: To study regional EFs used to assess health risk from exposure to chemical soil pollutants in urban areas of the Arctic zone.

MATERIAL AND METHODS: A cross-sectional study was carried out by questioning 752 children aged 1–6 years, 1027 children aged 7–17 years, and 323 adults aged 18 years and older, all living in the cities of the Arctic zone of the Russian Federation. Physiological and behavioral EFs related to soil exposure were studied. The median (Me), relative frequencies, and 95% confidence intervals were used to describe the data. To test the null hypotheses, the nonparametric Kruskal–Wallis test, Wilcoxon two-sample test, and χ -square test were used.

RESULTS: Children aged 1–6 years spent an average of 10 more days in the city compared to children aged 7–17 years and adults ($p < 0.001$). Children aged 1–6 years also spent 3.2 times more days playing on soil/sand (Me=48 days) and 1.3 times more time playing daily (Me=50 min/day) than children aged 7–17 years ($p < 0.001$). Adults spent 1.7 times more days on land from May to October (Me=50 days) and worked with soil 2.2 times more time daily (130 min/day) than children aged 7–17 years ($p < 0.001$). Average daily doses for oral exposure to soil chemicals, calculated using regional EFs, are 2–10 times higher in children from the Arkhangelsk agglomeration and 5 and 1.2 times lower in adults compared to doses calculated using WHO and US EPA recommended EFs values.

CONCLUSION: Differences were revealed in quantitative and categorical values of most regional EFs associated with the soil ingress in the body across different age groups. Using the characteristic regional exposure factors of specific population allows for improving the accuracy and reliability of the assessed risk to public health.

Keywords: exposure factors; chemical contaminants; health risk assessment; soil.

To cite this article:

Deryabin AN, Unguryanu TN. Assessment of regional exposure factors associated with soil impact in cities of the Arctic region. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2024;31(4):268–278. DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco630140>

Received: 08.04.2024

Accepted: 17.10.2024

Published online: 06.11.2024

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco630140>

北极地区城市土壤暴露相关区域性因素的评估

Aleksey N. Deryabin¹, Tatiana N. Unguryanu²¹ Federal Service for Surveillance over Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, Arkhangelsk Region office, Arkhangelsk, Russia;² Northern State Medical University, Arkhangelsk, Russia

摘要

背景。不利的气候条件决定了北极地区人与土壤相互作用的特殊性，这种情况与俄罗斯南方地区存在显著差异。在健康风险评估中，需要根据区域特点调整标准暴露因素。

研究目的。研究北极地区城市土壤污染物对健康风险评估中所用区域性暴露因素的影响。

材料与方法。采用横断面调查方法，对俄罗斯北极地区城市居民进行问卷调查。研究共涉及2102名参与者，包括1至6岁儿童752人、7至17岁儿童1027人及18岁及以上成年人323人。分析涵盖了与土壤暴露相关的生理和行为因素。描述性统计数据采用中位数（ M_e ）、相对频率及95%置信区间。假设检验采用非参数方法，包括克拉斯卡尔-沃利斯检验、两样本Wilcoxon检验和卡方检验。

结果。1至6岁儿童在城市的平均停留时间（ $M_e=325$ 天）比7至17岁儿童和成年人多10天（ $p < 0.001$ ）。1至6岁儿童在5月至10月期间的土壤/沙地游戏天数（ $M_e=48$ 天）和每日游戏时间（ $M_e=50$ 分钟/天）分别是7至17岁儿童的3.2倍和1.3倍（ $p < 0.001$ ）。成年居民在5月至10月期间的土地停留天数（ $M_e=50$ 天）和土壤工作时间（130分钟/天）分别是7至17岁儿童的1.7倍和2.2倍（ $p < 0.001$ ）。基于区域性暴露因素计算的土壤污染化学物质经口暴露的日均剂量显示：阿尔汉格尔斯克地区儿童的剂量比基于WHO和美国EPA推荐暴露因素计算的剂量高2至10倍；成年人的剂量则分别低5倍和1.2倍。

结论。研究发现，不同年龄组人群的区域性暴露因素在数量和类别上存在显著差异。基于具体人群的区域数据调整暴露因素，可显著提高健康风险评估的准确性和可靠性。

关键词：暴露因素；化学物质；健康风险评估；土壤。

引用本文：

Deryabin AN, Unguryanu TN. 北极地区城市土壤暴露相关区域性因素的评估. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2024;31(4):268–278.DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco630140>

收到: 08.04.2024

接受: 17.10.2024

发布日期: 06.11.2024

ОБОСНОВАНИЕ

Оценка риска здоровью населения при воздействии химических веществ окружающей среды широко используется как междисциплинарное направление в современной науке и практике, при котором наибольшее значение придаётся точности уровней риска, научной оправданности и эффективности управленческих решений, принимаемых на их основе [1]. Одним из важных этапов оценки риска является оценка факторов экспозиции (ФЭ). На данном этапе устанавливается количественное поступление загрязняющего вещества в организм человека путём контакта с различными объектами окружающей среды (воздух, вода, почва, продукты питания) [2, 3]. Для расчёта экспозиции и рисков используют факторы, которые зависят от физиологических параметров человека, видов деятельности, образа жизни, поведения и отражают специфические, региональные особенности изучаемых групп населения [3].

На основе многочисленных зарубежных исследований созданы национальные и международные базы данных значений ФЭ, используемые для оценки риска здоровью населения. Значительное количество справочных данных по различным ФЭ представлено в руководствах Американского агентства по охране окружающей среды (US EPA), которые регулярно корректируются с учётом новых сведений, получаемых при опросах населения [4–7]. Европейское руководство содержит данные о ФЭ для 30 стран Евросоюза и Великобритании [8]. В Австралии для оценки риска здоровью населения разработано национальное руководство по ФЭ [9].

В России изучение региональных ФЭ путём опроса населения проводили в Москве, Липецке, Рязани, Новодвинске и некоторых других городах. По результатам исследований в ряде случаев отмечали занижение уровней региональных ФЭ по сравнению со стандартными значениями [10].

Использование некорректных значений ФЭ повышает неопределённость и может повлиять на величину рассчитываемых рисков для здоровья. В этой связи рекомендуемые значения ФЭ являются справочными данными, которые необходимо корректировать с учётом региональных особенностей.

Одной из важных сред, оказывающих влияние на условия жизни и здоровье населения, является почва. Загрязняющие вещества почвы могут проникать в организм человека и оказывать негативное воздействие при прямом контакте с почвой (ручные земляные работы, ходьба босиком, поглощение почвы, касание рта загрязнёнными землёй или песком руками, игра в песочнице и т.д.), а также опосредованно через контактирующие с почвой среды (вода, атмосферный воздух) [11–15].

Областью исследования выбраны 3 крупных промышленных города Архангельской агломерации (Архангельск, Северодвинск и Новодвинск), которые относятся

к Арктическим территориям¹. Неблагоприятные климатические условия (холодный климат, усиленный ветровой режим, повышенная влажность воздуха, короткий световой день, наличие снежного покрова на поверхности земли в течение 6 мес.) определяют особенности взаимодействия человека с почвой в Арктике, которые отличаются от южных регионов России [16]. В этой связи изучение ФЭ, связанных с воздействием почвы, в городах Арктической зоны является актуальным.

Цель исследования. Изучить региональные ФЭ в разных возрастных группах населения, используемые для расчёта риска здоровью при воздействии химических веществ, загрязняющих почву в городах Арктической зоны.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Региональные ФЭ, связанные с воздействием почвы, изучены в поперечном исследовании при анкетировании населения в городах Архангельской агломерации. Проанкетированы 2102 человека: 752 ребенка в возрастной группе от 1 до 6 лет, 1027 — от 7 до 17 лет и 323 взрослых 18 лет и старше. Опрос детей проводили в дошкольных и общеобразовательных учреждениях, взрослого населения — на предприятиях и в организациях. Для детей в возрасте от 1 до 6 лет данные о региональных ФЭ получены при опросе родителей. Отклик составил 87%. Использовали модифицированную анкету, разработанную специалистами ФГБУ «Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью» Минздрава России, которая включала следующую информацию: масса тела (кг), площадь поверхности тела (м²), длительность воздействия (время пребывания на открытом воздухе, мин/день; игра на земле, песке, дни/год; длительность контакта с почвой во время игры на песке, земле, мин/день; пребывание на земельном участке, дни/год; длительность работы с почвой во время пребывания на земельном участке, мин/день; длительность пребывания в городе в течении года, дни/год). Кроме того, при опросе респондентов получена информация о месяце начала и окончания игры на песке или почве, привычке детей тянуть (класть) руки или игрушки в рот, играя с песком или почвой, потреблении песка или почвы при игре, потреблении овощей и ягод, загрязнённых песком или почвой, привычке респондентов очищать (мыть) руки после прогулки и работе с почвой, о мытье овощей и ягод, выращенных на даче или в деревне, использовании резиновых или хлопчатобумажных перчаток (рукавиц) при работе с почвой. Исследование одобрено этическим комитетом ФГБОУ ВО СГМУ (Архангельск) Минздрава

¹ Указ Президента Российской Федерации от 02.05.2014 № 296 «О сухопутных территориях Арктической зоны Российской Федерации» (ред. от 05.03.2020 г.). Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_126553/942772dce30fca36b671bcf19ca928e4d698a928. Дата обращения: 17.09.2023.

России (протокол заключения этического комитета № 1 от 02.11.2016 г.).

Выполнено сравнение значений ФЭ между возрастными группами у населения Архангельской агломерации. Региональные значения ФЭ сопоставлены со стандартными значениями ФЭ, рекомендуемыми ВОЗ [17] и другими странами (США, Австралия, Канада, Япония) [4–7, 9, 18, 19]. Принимая во внимание, что для расчёта дозовой нагрузки химического вещества используется несколько ФЭ, провели сравнительный анализ доз 10 химических веществ (медь, хром, цинк, никель, марганец, свинец, ртуть, кадмий, кобальт и мышьяк), загрязняющих почву, при пероральном пути воздействия. Для расчёта доз использовали региональные и стандартные значения ФЭ [17].

Описание количественных переменных проведено с использованием медианы (Me), 95% доверительного интервала (95% ДИ) для Me. В связи с тем, что распределение количественных данных статистически значимо отличалось от нормального распределения, для сравнения значений между группами использовали критерий Краскела–Уоллиса, а для попарных сравнений — двухвыборочный критерий Вилкоксона. Категориальные данные представили в виде абсолютных чисел, относительных частот и 95% ДИ. Для проверки нулевой гипотезы между категориальными переменными использовали критерий хи-квадрат (χ^2). За критический уровень статистической значимости принимали значение p , равное 0,05. Статистический анализ данных проводили с помощью программного обеспечения STATA 18.0.

Для сопоставления уровней экспозиции химических веществ, загрязняющих почву, провели расчёт средних суточных доз на примере свинца с использованием региональных ФЭ и стандартных значений, рекомендованных ВОЗ и US EPA, по следующей формуле [17]:

$$I = Cs \times FI \times ET \times CF2 \times IRn \times EDn / (BWn \times ATn \times 365),$$

где I — величина поступления вещества с почвой, мг/(кг×день); Cs — концентрация вещества в почве, мг/кг; FI — загрязнённая фракция почвы, 1 отн. ед.; ET — время воздействия, ч/день; $CF2$ — пересчётный коэффициент, $ET/24$ дней/ч; IRn — скорость поступления, мг/сут; EDn — продолжительность воздействия, лет; BWn — масса тела, кг; ATn — период осреднения экспозиции, лет.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Анализ результатов анкетирования выявил различия в количественных и категориальных значениях большинства ФЭ между возрастными группами (табл. 1, 2). Масса тела на уровне медианы у детей в возрастных группах 1–6 и 7–17 лет меньше массы тела взрослых в 3,8 и 1,5 раза соответственно ($p < 0,001$). Медианные значения площади поверхности тела детей в возрасте 7–17 лет и взрослых в 1,9 и 2,4 раза больше площади поверхности тела детей в возрасте 1–6 лет соответственно ($p < 0,001$).

Продолжительность пребывания в городах у детей в возрасте 1–6 лет (Me=325 дней) на 10 дней больше, чем у детей 7–17 лет и взрослых (Me=по 315 дней); $p < 0,001$. Наибольшее время пребывания на открытом воздухе наблюдалось среди взрослого населения (Me=300 дней), что в 1,7–2 раза выше, чем у детей.

Длительность игры на земле и песке с мая по октябрь среди детей в возрастной группе от 1 до 6 лет на уровне медианы (Me=48 дней) в 3,2 раза выше, чем у детей с 7 до 17 лет (Me=15 дней). Среднее время игры на земле, песке у детей в возрасте 1–6 лет на 10 мин/день больше, чем у детей 7–17 лет (Me=50 мин/день и Me=40 мин/день соответственно).

Время пребывания на земельном участке (даче), пляже, ином месте в городе или пригороде с мая по октябрь, где ребенок или взрослый соприкасался с почвой, среди взрослого населения на 20 дней выше, чем у детей 7–17 лет (Me=50 и 30 дней соответственно); $p < 0,001$. Длительность работы с почвой среди взрослых (Me=130 мин/день) в 2,2 раза выше, чем у детей 7–17 лет.

При оценке категориальных ФЭ выявлено, что около 92,2% опрошенных детей и взрослых в течение года выезжали за пределы городов Архангельской агломерации. Наибольшая доля опрошенных детей в возрастных группах 1–6 лет и 7–17 лет начинает играть на земле, в песочницах в мае (45,6 и 51,6% соответственно). Более половины детей дошкольного возраста заканчивают играть на земле, в песочницах в ноябре (51,6%), а наибольшая доля детей школьного возраста заканчивает играть в сентябре (41,4%).

Анализ факторов, способствующих попаданию почвы в организм человека, у населения в изучаемых возрастных группах показал, что среди детского населения в возрасте 1–6 лет 15% респондентов тянут (кладут) руки или игрушки в рот, играя с песком или землёй, употребляют овощи и ягоды, загрязнённые землёй. Менее 5% детей дошкольного возраста едят (кладут в рот) песок, играя с песком или землёй. При этом 99,8% опрошенных детей в возрастной группе от 1 до 6 лет очищают руки после прогулки (моют водой или протирают влажными салфетками).

Среди детей 7–17 лет 8,8% респондентов тянут (кладут) руки или игрушки в рот, играя с песком или землёй. Около 6% опрошенных школьников употребляют овощи и ягоды, загрязнённые землёй. Подавляющая часть респондентов в возрастной группе 7–17 лет (98,8%) очищают руки после прогулки (моют водой или протирают влажными салфетками), 75,0% опрошенных используют резиновые или хлопчатобумажные перчатки (рукавицы), соприкасаясь с почвой. В данной возрастной группе 91,5% опрошенных детей посещали с мая по октябрь пляж или иные места в черте города или пригороде, где соприкасались с землёй (песком).

Среди взрослых респондентов 85,9% имеют земельный участок (дачу) в черте города или пригороде, на котором

Таблица 1. Характеристика количественных факторов экспозиции у населения городов Архангельской агломерации (по данным опроса)
Table 1. Characteristics of quantitative exposure factors among the population of the cities of the Arkhangelsk agglomeration (according to the survey)

Факторы Factors	Единицы Units	Дети 1–6 лет Children 1–6 years old			Дети 7–17 лет Children aged 7–17			Взрослые Adults			p
		Me	95% ДИ для Me 95% CI for Me		Me	95% ДИ для Me 95% CI for Me		Me	95% ДИ для Me 95% CI for Me		
			нижняя lower	верхняя upper		нижняя lower	верхняя upper		нижняя lower	верхняя upper	
Масса тела Body weight	кг kg	18,0	17,5	18,0	45,0	43,0	46,0	68,0	66,0	70,0	p ^a <0,001
Площадь поверхности тела Body surface area	м ² m ²	0,7	0,7	0,8	1,4	1,4	1,4	1,8	1,7	1,8	p ^a <0,001
Длительность экспозиции Duration of exposure											
Пребывание в городах Staying in cities	дней/год days/year	325	320	330	315	309	315	315	305	315	p ^a <0,001
Пребывание на открытом воздухе Staying outdoors	мин/день min/day	150	150	150	180	150	180	300	270	330	p ^a <0,001
Игра на песке, земле Playing on the sand, the ground	дней/год days/year	48	42	50	15	12	16	–	–	–	p ^b <0,001
Время игры на песке, земле Playing time on the sand, the ground	мин/день min/day	50	45	60	40	40	50	–	–	–	p ^b =0,001
Пребывание на земельном участке Stay on the land plot	дней/год days/year	–	–	–	30	30	30	50	40	50	p ^b <0,001
Длительность работы с почвой The duration of work with the soil	мин/день min/day	–	–	–	60	60	70	130	120	130	p ^b <0,001

Примечание. Me — медиана; p^a — сравнение медианных значений по критерию Краскела–Уоллиса; p^b — сравнение медианных значений по критерию Вилкоксона; «–» — данные отсутствуют, так как опрос не проводился.
Note. Me — median; p^a — comparison of median values by the Kruskal–Wallis test; p^b — comparison of median values by the Wilcoxon test; «–» — no data because survey was not conducted.

Таблица 2. Характеристика категориальных факторов экспозиции у населения городов Архангельской агломерации (по данным опроса)
Table 2. Characteristics of categorical exposure factors among the population of the cities of the Arkhangelsk agglomeration (according to the survey)

Факторы Factors	Дети 1–6 лет Children 1–6 years old			Дети 7–17 лет Children aged 7–17			Взрослые Adults			p
	абс. abs.	%	95% ДИ 95% CI	абс. abs.	%	95% ДИ 95% CI	абс. abs.	%	95% ДИ 95% CI	
Месяц начала игры на земле The month of the start of the game on earth										$\chi^2=46,9$ $p < 0,001$
Апрель April	258	34,7	31,4–38,2	71	18,5	14,9–22,7	–	–	–	
Май May	339	45,6	42,1–49,2	198	51,6	46,6–56,5	–	–	–	
Июнь June	119	16,0	13,5–18,8	99	25,8	21,6–30,4	–	–	–	

Окончание табл. 2 | End of the Table 2

Факторы Factors	Дети 1–6 лет Children 1–6 years old			Дети 7–17 лет Children aged 7–17			Взрослые Adults			p
	абс. abs.	%	95% ДИ 95% CI	абс. abs.	%	95% ДИ 95% CI	абс. abs.	%	95% ДИ 95% CI	
Июль July	13	1,8	1,0–3,0	15	3,9	2,4–6,4	–	–	–	
Август August	14	1,9	1,1–3,2	1	0,3	0,04–1,8	–	–	–	
Месяц конца игры на земле The month of the end of the game on earth										$\chi^2=115,0$
Август August	32	4,4	3,1–6,1	38	9,9	7,3–13,3	–	–	–	$p < 0,001$
Сентябрь September	133	18,1	15,5–21,1	159	41,4	36,6–46,4	–	–	–	
Октябрь October	194	26,4	23,4–29,7	101	26,3	22,1–30,9	–	–	–	
Ноябрь November	375	51,1	47,5–54,7	86	22,4	18,5–26,8	–	–	–	
Выезжали из города Leaving the city										$\chi^2=31,3$
Да Yes	642	88,3	85,8–90,5	968	95,5	94,0–96,6	293	90,7	87,0–93,4	$p < 0,001$
Нет No	85	11,7	9,5–14,2	46	4,5	3,4–6,0	30	9,3	6,6–13,0	
Факторы, способствующие попаданию почвы в организм человека										
Factors contributing to the ingress of soil into the human body										
Тянут (кладут) руки или игрушки в рот, играя с песком или землёй										$\chi^2=10,2$
They pull (put) their hands or toys in their mouths while playing with sand or earth										$p < 0,001$
Да Yes	116	15,5	13,1–18,3	35	8,8	6,4–12,0	–	–	–	
Нет No	633	84,5	81,7–86,9	363	91,2	88,0–93,6	–	–	–	
Едят (кладут) песок в рот, играя с песком или землёй										$\chi^2=11,4$
They eat (put) sand in their mouth while playing with sand or earth										$p < 0,001$
Да Yes	33	4,4	3,1–6,1	3	0,8	0,2–2,3	–	–	–	
Нет No	716	95,6	93,9–96,9	395	99,3	97,7–99,8	–	–	–	
Тянут (кладут) овощи и ягоды, загрязнённые землёй, в рот They pull (put) vegetables and berries contaminated with earth into their mouths										$\chi^2=22,4$
										$p < 0,001$
Да Yes	112	15,0	12,6–17,7	22	5,5	3,7–8,3	–	–	–	
Нет No	636	85,0	82,3–87,4	376	94,5	91,7–96,3	–	–	–	
Очищение рук после прогулки Cleansing your hands after a walk										$\chi^2=41,8$
Моют водой They are washed with water	733	99,7	98,9–99,9	973	94,8	93,3–96,0	317	98,1	95,9–99,2	$p < 0,001$
Протирают руки влажными салфетками	1	0,1	0,02–1,00	41	4,0	3,0–5,4	2	0,6	0,2–2,4	
Wipe their hands with wet wipes										
Не очищают руки	1	0,1	0,02–1,00	12	1,2	0,7–2,0	4	1,2	0,5–3,3	
Do not clean your hands										
Моют перед употреблением овощи и ягоды, выращенные на даче (в деревне)										$\chi^2=13,3$
Wash vegetables and berries grown in the country (in the village) before eating										$p < 0,001$
Да Yes	–	–	–	578	93,5	91,3–95,2	279	86,4	82,2–89,7	
Нет No	–	–	–	40	6,5	4,8–8,7	44	13,6	10,3–17,8	
Используют перчатки (рукавицы), соприкасаясь с почвой Gloves (mittens) are used when in contact with the soil										$\chi^2=12,2$
Да Yes	–	–	–	461	75,0	71,4–78,2	274	84,8	80,5–88,4	$p < 0,001$
Нет No	–	–	–	154	25,0	21,8–28,6	49	15,2	11,6–19,5	
Имеют земельный участок (дачу), где выращивают употребляемые в пищу овощи и ягоды										–
They have a plot of land (cottage) where they grow vegetables and berries for food										
Да Yes	–	–	–	–	–	–	268	85,9	81,6–89,4	
Нет No	–	–	–	–	–	–	44	14,1	10,6–18,4	
Посещали пляж или иные места, где соприкасались с землёй (песком)										$\chi^2=4,2$
Visited the beach or other places where they came into contact with the ground (sand)										$p=0,040$
Да Yes	–	–	–	571,0	91,5	89,0–93,5	282,0	87,3	83,2–90,5	
Нет No	–	–	–	53,0	8,5	6,5–11,0	41,0	12,7	9,5–16,8	

Примечание. «–» — данные отсутствуют, так как опрос не проводился.

Note. «–» — no data because survey was not conducted.

выращивают употребляемые в пищу овощи и ягоды. Около 90% опрошенных посещали с мая по октябрь пляж или иные места в черте города или пригороде, где соприкасались с землёй (песком). Среди взрослого населения 98,7% респондентов очищают руки после контакта с почвой (моют водой или протирают влажными салфетками), 86,4% — моют перед употреблением овощи и ягоды, выращенные на даче или в деревне, 84,8% — используют резиновые или хлопчатобумажные перчатки (рукавицы) при работе с почвой (см. табл. 2).

Оценка среднесуточных доз свинца при его пероральном поступлении с почвой показала, что среднесуточные дозы, рассчитанные с использованием региональных ФЭ, для детей в возрасте 1–6 лет были соответственно в 2,0 раза ниже и 2,5 раза выше, а у взрослых в 5,0 и 28,5 раза выше по сравнению с дозами, рассчитанными с использованием стандартных значений ФЭ, рекомендованных ВОЗ и US EPA. Среднесуточные дозы загрязняющих веществ почвы, рассчитанные с использованием ФЭ, рекомендованных ВОЗ, у детей 1–6 лет оказались в 4 раза выше, а у взрослых в 6 раз выше по сравнению с дозами, рассчитанными с использованием стандартных значений US EPA (рис. 1).

ОБСУЖДЕНИЕ

Сравнительная оценка результатов анкетирования в городах Архангельской агломерации показала статистически значимые различия в значениях большинства количественных ФЭ между возрастными группами. Выполнено сравнение значений региональных ФЭ со стандартными величинами, рекомендуемыми US EPA [4–7] и австралийским руководством [9]. Сравнение значений ФЭ среди детского населения с величинами, установленными для Канады [18], Японии [19], Европы [8] и рекомендованными ВОЗ [17], затруднено из-за разных возрастных групп. При сравнении значений региональных ФЭ на уровне медианы со стандартными значениями установлено, что масса тела проанкетированных детей в возрастной группе 1–6 лет в городах Архангельской агломерации (18 кг) выше значений, рекомендуемых US EPA (16 кг), ВОЗ (15 кг), австралийским руководством (17 кг). В нашем исследовании масса детей в возрастной группе 7–17 лет (45 кг) оказалась на 9 кг ниже значений, рекомендуемых US EPA и национальным руководством Австралии (по 54 кг), и на 3 кг выше рекомендуемого значения ВОЗ (42 кг). Масса тела проанкетированных взрослых (68 кг) на 9,6 кг превышает рекомендуемые значения для Японии (58,4 кг) и ниже значений, рекомендованных ВОЗ (70 кг), национальными руководствами Канады (77,5 кг), Австралии (78 кг), руководствами US EPA (80 кг) и Европы (73,5 кг).

Значения площади поверхности тела в исследуемых городах у детей в возрастных группах 1–6 лет и 7–17 лет составили 0,7 и 1,4 м² соответственно, что незначительно

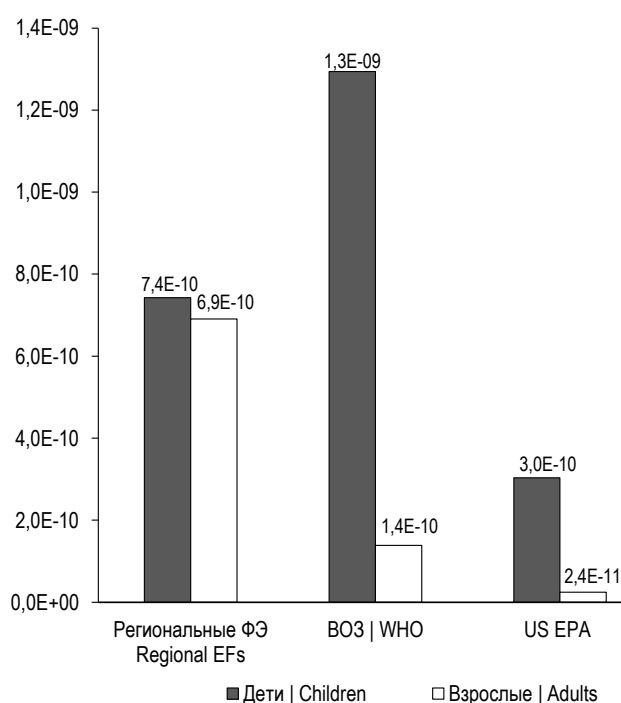


Рис. 1. Сравнение среднесуточных доз свинца для детского и взрослого населения при пероральном поступлении с почвой, мг/(кг×день): ФЭ — факторы экспозиции.

Fig. 1. Comparison of average daily doses of lead for children and adults through oral intake from soil, mg/(kg×day): EFs — exposure factors.

отличается от значений, рекомендованных US EPA (0,6 и 1,5 м²), ВОЗ (0,5 и 1,3 м²) и австралийским руководством (0,6 и 1,6 м²). Среди взрослых значение площади поверхности тела в исследуемых городах составило 1,8 м², что совпадает со стандартными величинами, рекомендуемыми ВОЗ (1,8 м²) и US EPA (1,8 м²), и незначительно отличается от значений для Японии (1,6 м²), Австралии (2,0 м²), Канады и Европы (1,9 м²).

Длительность пребывания на открытом воздухе детей в возрасте 1–6 лет в исследуемых городах составляет 150 мин/день, что в 1,4 раза ниже по сравнению со стандартными значениями, рекомендуемыми US EPA (207 мин/день), и в 1,4 раза выше значений, установленных для Австралии (104 мин/день). Дети в возрасте 7–17 лет находятся на открытом воздухе 180 мин/день, что в 1,6 раза превышает значения, рекомендованные австралийским руководством (112 мин/день), и на 10 мин меньше, чем рекомендовано US EPA (190 мин/день). Длительность пребывания взрослых на открытом воздухе — 300 мин/день, что в 1,6 раза ниже по сравнению со стандартными значениями, рекомендуемыми ВОЗ (480 мин/день), и в 2,0–8,6 раза выше значений, установленных для Канады (35 мин/день), Австралии (180 мин/день), Америки (144 мин/день), Японии (72 мин/день) и Европы (120 мин/день).

Время пребывания детей в возрасте 1–6 лет в помещении в исследуемых городах составило 840 мин/день, что в 1,2 раза ниже стандартных значений,

рекомендуемых для Австралии и US EPA (около 1000 мин/день). Дети в возрасте 7–17 лет проводят в помещении 900 мин/день, что на 28 мин больше, чем рекомендовано австралийским руководством и US EPA (872 мин/день). Длительность пребывания в помещении взрослых — 720 мин/день, что в 1,3–1,7 раза меньше рекомендуемых значений.

Коэффициент поглощения почвы (скорость поступления), установленный ВОЗ, для детей в возрасте 1–6 лет составляет 200 мг/день, для детей 7–17 лет — 100 мг/день, что в 4 и 2 раза соответственно выше значения, рекомендованного US EPA для данных возрастных групп (50 мг/день). Наибольший коэффициент поглощения почвы для взрослого населения рекомендован ВОЗ (100 мг/день) и австралийским руководством (50 мг/день), а также установлен для Японии (47,7 мг/день), наименьший — для Европы (1 мг/день). В Канаде и Америке коэффициент поглощения почвы для взрослых одинаковый и составляет 20 мг/день.

Выявленные различия в значениях ФЭ влияют на дозовую нагрузку химическими веществами при их пероральном поступлении с почвой.

Различия среднесуточных доз свинца, рассчитанных с использованием региональных значений ФЭ и рекомендованных ВОЗ, обусловлены разными значениями массы тела и времени воздействия (контакта с почвой, ч/день) при игре на песке, земле для детей 1–6 лет (0,83 ч/день и 1 ч/день соответственно) и при работе с почвой для взрослых (2,2 ч/день и 1 ч/день соответственно). Различия среднесуточных доз свинца, рассчитанных с использованием региональных значений ФЭ и рекомендованных ВОЗ, со значениями, установленными US EPA, обусловлены разными уровнями коэффициента поглощения почвы (скорости поступления почвы, мг/день) и массы тела респондентов.

Следует отметить, что в настоящей работе существуют определённые ограничения. Во-первых, анкетирование населения проводили в холодный период года, что могло повлиять на полученные результаты. Во-вторых, среди опрошенных респондентов в возрастной группе 18 лет и старше преобладали лица женского пола (70%). Данные о ФЭ в возрастной группе детей от 1–6 лет получены при опросе родителей, в основном матерей. В-третьих, подавляющая часть (70%) респондентов проанкетирована в Архангельске, что не позволяет экстраполировать полученные результаты на все субъекты Арктической зоны Российской Федерации в силу различных климатических условий.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выявлены статистически значимые различия в количественных и категориальных значениях большинства региональных ФЭ, связанных с поступлением почвы в организм, у различных возрастных групп населения. Различия

в значениях региональных и рекомендуемых (стандартных) ФЭ в отдельных возрастных группах по массе тела, площади поверхности тела, длительности пребывания на открытом воздухе, длительности пребывания дома оказывают влияние на дозовую нагрузку химическими веществами при пероральном поступлении их с почвой, что следует учитывать при расчёте уровней риска здоровью населения на исследуемой территории. Для снижения неопределённостей, связанных с оценкой риска, необходимо исследовать региональные значения ФЭ, различия в которых могут быть обусловлены климатическими, географическими условиями, временем нахождения на открытом воздухе, продолжительностью воздействия химических веществ, загрязняющих почву.

Применение региональных данных о ФЭ, характерных для отдельной популяции, позволяет повысить точность и надёжность оцениваемого риска для здоровья населения. В этой связи необходимы организация исследований по сбору информации о ФЭ в различных регионах России и создание российской базы данных ФЭ.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. А.Н. Дерябин — существенный вклад в концепцию и дизайн исследования, сбор, анализ и интерпретацию данных, подготовил таблицы, первый вариант статьи; Т.Н. Унгуряну — вклад в концепцию и дизайн исследования, существенно переработала статью на предмет важности интеллектуального содержания, утвердила окончательный вариант рукописи для направления в редакцию. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

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

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

Информированное согласие на участие в исследовании. Все участники до включения в исследование добровольно подписали форму информированного согласия, утверждённую в составе протокола исследования этическим комитетом.

ADDITIONAL INFORMATION

Authors' contribution. A.N. Deryabin — made a significant contribution to the concept and design of the study, collected, analyzed and interpreted data, prepared tables, the first draft of the article, worked to improve it; T.N. Unguryanu — significantly revised the article on the importance of intellectual content, approved the final version for submission to the editor. All authors confirm that their authorship meets the international ICMJE criteria (all authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work).

Funding source. This study was not supported by any external sources of funding.

Competing interests. The authors declares that there are no obvious and potential conflicts of interest associated with the publication of this article.

Patients' consent. Written consent obtained from all the study participants before the study screening in according to the study protocol approved by the local ethic committee.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рахманин Ю.А., Новиков С.М., Авалиани С.Л., и др. Современные проблемы оценки риска воздействия факторов окружающей среды на здоровье населения и пути ее совершенствования // Анализ риска здоровью. 2015. № 2. С. 4–11. EDN: RZDODK doi: 10.21668/health.risk/2015.2.01
2. Степанова Н.В., Фомина С.Ф. Оценка суммарной экспозиции тяжёлыми металлами для детского населения г. Казань // Научный альманах. 2016. № 9–2. С. 109–114. EDN: WZWCZN doi: 10.17117/na.2016.09.02.109
3. Степанова Н.В., Фомина С.Ф. Подходы к оценке риска для здоровья с учётом региональных факторов экспозиции и возрастных особенностей. В кн.: Инновационный подход в решении проблем современности: теория, методология, практика. Пенза: Наука и просвещение, 2016. С. 7–17. EDN: WZIQMB
4. U.S. EPA. Child-Specific Exposure Scenarios Examples (Final Report) // U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, EPA/600/R-14-217F, 2014. Режим доступа: <http://cfpub.epa.gov/ncea/risk/recordisplay.cfm?deid=262211> Дата обращения: 17.09.2023.
5. U.S. EPA (Environmental Protection Agency). Risk Assessment Guidance for Superfund Volume I Human Health Evaluation Manual (Part A). Interim Final // U.S. EPA, Washington, DC, EPA/500/1-89/002, 1989. Режим доступа: https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-09/documents/rags_a.pdf Дата обращения: 17.09.2023.
6. U.S. EPA (Environmental Protection Agency). Child-specific exposure factors handbook // National Center for Environmental Assessment. Washington, DC; EPA/600/R-06/096F, 2008. Режим доступа: <http://cfpub.epa.gov/ncea/risk/recordisplay.cfm?deid=199243> Дата обращения: 17.09.2023.
7. U.S. EPA (Environmental Protection Agency). Exposure Factors Handbook, 2011 Edition (Final Report) // U.S. EPA, Washington, DC, EPA/600/R-09/052F, 2011. Режим доступа: <http://cfpub.epa.gov/ncea/risk/recordisplay.cfm?deid=236252> Дата обращения: 17.09.2023.
8. Exposure Factors Sourcebook for European Populations (with focus on UK data), Brussels, 2001. Режим доступа: <https://www.ecetoc.org/publication/tr-079-exposure-factors-sourcebook-for-european-populations-with-focus-on-uk-data> Дата обращения: 17.09.2023.
9. Australian Department of Health. Australian Exposure Factor Guidance. Guidelines for Assessing Human Health Risks from Environmental Hazards. Australia, 2012. Режим доступа: <http://www.eh.org.au/documents/item/915> Дата обращения: 17.09.2023.
10. Рахманин Ю.А., Шашина, Т.А., Унгуряну Т.Н., и др. Характеристика количественных значений региональных факторов экспозиции на исследуемых территориях // Гигиена и санитария. 2012. Т. 91. № 6. С. 30–33. EDN: PWKTIP
11. Водянова М.А., Крятов И.А., Донерьян Л.Г., и др. Эколого-гигиеническая оценка качества почв урбанизированных территорий // Гигиена и санитария. 2016. Т. 95, № 10. С. 913–916. EDN: XDMUSN doi: 10.18821/0016-9900-2016-95-10-913-916
12. Колнет И.В., Студеникина Е.М. Организация мониторинга уровня загрязнения почвы для оценки риска здоровью детей // Научно-медицинский вестник Центрального Черноземья. 2017. № 70. С. 100–105. EDN: ZVLMNH
13. Hubbard H., Özkaynak H., Glen G., et al. Model-based predictions of soil and dust ingestion rates for U.S. adults using the stochastic human exposure and dose simulation soil and dust model // Sci Total Environ. 2022. Vol. 846. P. 157501. doi: 10.1016/j.scitotenv.2022.157501
14. Боев В.М., Зеленина Л.В., Кудусова Л.Х., и др. Гигиеническая оценка канцерогенного риска здоровью населения, ассоциированного с загрязнением депонирующих сред тяжёлыми металлами // Анализ риска здоровью. 2022. № 1. С. 17–26. EDN: PSSYQM doi: 10.21668/health.risk/2022.1.02
15. Жарикова Е.А. Тяжёлые металлы в городских почвах: оценка содержания и экологического риска // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2021. Т. 332, № 1. С. 164–173. EDN: IZRGUI doi: 10.18799/24131830/2021/1/3009
16. Шур П.З., Кирьянов Д.А., Камалтдинов М.Р., Хасанова А.А. К оценке риска для здоровья населения, обусловленного влиянием климатических факторов в условиях Крайнего Севера // Анализ риска здоровью. 2022. № 3. С. 53–62. EDN: USJNAG doi: 10.21668/health.risk/2022.3.04
17. Руководство по оценке риска здоровью населения при воздействии химических веществ, загрязняющих среду обитания / Р 2.1.10.3968-23. Москва: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2023. 221 с.
18. Richardson G.M. Canadian exposure factors handbook: Life expectancy, body dimensions, inhalation, time-activity, and soil ingestion, SK: University of Saskatchewan, Toxicology Centre, 2013. Режим доступа: <http://studylib.net/doc/12086849> Дата обращения: 17.09.2023.
19. Japanese Exposure Factors Handbook, 2007. Режим доступа: http://unit.aist.go.jp/riss/crm/exposurefactors/english_summary.html Дата обращения: 17.09.2023.

REFERENCES

1. Rakhmanin YuA, Novikov SM, Avaliani SL, et al. Actual problems of environmental factors risk assessment on human health and ways to improve it. *Health Risk Analysis*. 2015;(2):4–11. EDN: RZDODK doi: 10.21668/health.risk/2015.2.01

2. Stepanova NV, Fomina SF. Assessment of the total exposure to heavy metals of the child population city of Kazan. *Scientific Almanac*. 2016;(9–2):109–114. EDN: WZWCZN
doi: 10.17117/na.2016.09.02.109
3. Stepanova NV, Fomina SF. Approaches to the assessment of health risk with the consideration of regional factors exposure and age characteristics. In: *An innovative approach to solving modern problems: theory, methodology, practice*. Penza: Nauka i prosveshchenie; 2016. P. 7–17. EDN: WZIQMB
4. U.S. EPA. Child-Specific Exposure Scenarios Examples (Final Report). U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, EPA/600/R-14-217F, 2014 [cited 2023 Sep 17]. Available from: <http://cfpub.epa.gov/ncea/risk/recordisplay.cfm?deid=262211>
5. U.S. EPA (Environmental Protection Agency). Risk Assessment Guidance for Superfund Volume I Human Health Evaluation Manual (Part A). Interim Final. U.S. EPA, Washington, DC, EPA/500/1-89/002; 1989 [cited 2023 Sep 17]. Available from: https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-09/documents/rags_a.pdf
6. U.S. EPA (Environmental Protection Agency). Child-specific exposure factors handbook. National Center for Environmental Assessment. Washington, DC; EPA/600/R-06/096F; 2008 [cited 2023 Sep 17]. Available from: <http://cfpub.epa.gov/ncea/risk/recordisplay.cfm?deid=199243>
7. U.S. EPA (Environmental Protection Agency). Exposure Factors Handbook, 2011 Edition (Final Report). U.S. EPA, Washington, DC, EPA/600/R-09/052F; 2011 [cited 2023 Sep 17]. Available from: <http://cfpub.epa.gov/ncea/risk/recordisplay.cfm?deid=236252>
8. Exposure Factors Sourcebook for European Populations (with focus on UK data), Brussels, 2001 [cited 2023 Sep 17]. Available from: <https://www.ecetoc.org/publication/tr-079-exposure-factors-sourcebook-for-european-populations-with-focus-on-uk-data>
9. Australian Department of Health. Australian Exposure Factor Guidance. Guidelines for Assessing Human Health Risks from Environmental Hazards. Australia, 2012 [cited 2023 Sep 17]. Available from: <http://www.eh.org.au/documents/item/915>
10. Rakhmanin YuA, Shashina TA, Unguryanu TN, et al. Characteristics of quantitative values of exposure of regional factors in the studied areas. *Hygiene and sanitation*. 2012;91(6):30–33. EDN: PWKTIP
11. Vodyanova MA, Kriatov IA, Donerian LG, et al. Ecological hygienic assessment of soils quality in urban areas. *Hygiene and Sanitation*. 2016;95(10):913–916. EDN: XDMUSN
doi: 10.18821/0016-9900-2016-95-10-913-916
12. Kolnet IV, Studenikina EM. Organization of monitoring of soil pollution level for risk assessment to child health. *Medical Scientific Bulletin of Central Chernozemye*. 2017;(70):100–105. EDN: ZVLMNH
13. Hubbard H, Özkaynak H, Glen G, et al. Model-based predictions of soil and dust ingestion rates for U.S. adults using the stochastic human exposure and dose simulation soil and dust model. *Sci Total Environ*. 2022;846:157501.
doi: 10.1016/j.scitotenv.2022.157501
14. Boev VM, Zelenina LV, Kudusova LH, et al. Hygienic assessment of carcinogenic health risks associated with contamination of depositing media with heavy metals. *Health Risk Analysis*. 2022;(1):17–26. EDN: PSSYQM
doi: 10.21668/health.risk/2022.1.02
15. Zharikova EA. Assessment of heavy metals content and environmental risk in urban soils. *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo Assets Engineering*. 2021;332(1):164–173. EDN: IZRGUI doi: 10.18799/24131830/2021/1/3009
16. Shur PZ, Kiryanov DA, Kamaltdinov MR, Khasanova AA. Assessing health risks caused by exposure to climatic factors for people living in the Far North. *Health Risk Analysis*. 2022;(3):53–62. EDN: USJNAG doi: 10.21668/health.risk/2022.3.04
17. Guidelines for assessing the risk to public health from exposure to chemicals polluting the environment / P 2.1.10.3968-23. Moscow: Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Welfare, 2023. (In Russ.)
18. Richardson GM. Canadian exposure factors handbook: Life expectancy, body dimensions, inhalation, time-activity, and soil ingestion, SK: University of Saskatchewan, Toxicology Centre; 2013 [cited 2023 Sep 17]. Available from: <http://studylib.net/doc/12086849>
19. Japanese Exposure Factors Handbook; 2007 [cited 2023 Sep 17]. Available from: http://unit.aist.go.jp/riss/crm/exposurefactors/english_summary.html

ОБ АВТОРАХ

* Дерябин Алексей Николаевич;

адрес: Россия, 163000, Архангельск, ул. Гайдара, д. 24;
ORCID: 0000-0002-1853-8947;
eLibrary SPIN: 3611-0967;
e-mail: deryabin-an@mail.ru

Унгуряну Татьяна Николаевна, д-р мед. наук, PhD;

ORCID: 0000-0001-8936-7324;
eLibrary SPIN: 7358-1674;
e-mail: unguryanu_tn@mail.ru

AUTHORS' INFO

* Aleksey N. Deryabin;

address: 24 Gaidar Str., 163000 Arkhangelsk, Russia;
ORCID: 0000-0002-1853-8947;
eLibrary SPIN: 3611-0967;
e-mail: deryabin-an@mail.ru

Tatiana N. Unguryanu, MD, Dr. Sci. (Medicine), PhD;

ORCID: 0000-0001-8936-7324;
eLibrary SPIN: 7358-1674;
e-mail: unguryanu_tn@mail.ru

*Автор, ответственный за переписку / Corresponding author