

© Грицай П.М., Мироновская А.В., Унгурияну Т.Н., 2020

УДК 612.014.482470.11

Воздействие природных источников на уровень облучения населения Архангельской областиП.М. Грицай¹, А.В. Мироновская², Т.Н. Унгурияну^{2,3}¹ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Архангельской области»,
пр. Троицкий, д. 164, корп. 1, г. Архангельск, 163001, Российская Федерация²ФГБОУ ВО «Северный государственный медицинский университет» Минздрава России,
пр. Троицкий, д. 51, г. Архангельск, 163000, Российская Федерация³ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет),
ул. Большая Пироговская, д. 2, стр. 2, Москва, 119435, Российская Федерация

Резюме: *Введение.* Проблема радиационной безопасности при облучении населения природными источниками актуальна, так как, согласно данным многочисленных исследований, среди источников ионизирующего излучения природные источники являются основным фактором облучения населения во всем мире. *Цель.* Оценка вклада природных источников облучения в индивидуальную дозу облучения населения Архангельской области. *Материалы и методы.* В рамках работы проведены измерения мощности дозы гамма-излучения на местности и в помещениях жилых зданий, эквивалентной равновесной объемной активности (ЭРОА) изотопов радона в помещениях жилых зданий, проанализированы сведения из формы № 4-ДОЗ «Сведения о дозах облучения населения за счет естественного и техногенно измененного радиационного фона» и радиационно-гигиенической паспортизации за 2008–2017 гг. в разрезе городов и районов Архангельской области. Рассчитаны среднемноголетние показатели индивидуальной эффективной дозы облучения и цепные показатели темпа прироста. *Результаты.* По вкладу в величину индивидуальной эффективной дозы облучения населения Архангельской области от природных источников первое место занимает внутреннее облучение за счет изотопов радона (46,8 %), второе – внешнее терригенное облучение (23,6 %). В период 2008–2017 гг. за счет природных источников величина индивидуальной эффективной дозы составила 2,50 мЗв/год, за счет внешнего облучения – 0,59 мЗв/год, за счет изотопов радона – 1,17 мЗв/год. Анализ средних значений ЭРОА радона и мощности дозы гамма-излучения в жилых зданиях различного типа (деревянных, одноэтажных каменных и многоэтажных каменных) на территории Архангельской области подтвердил вывод о значительном вкладе ЭРОА радона в рост индивидуальной эффективной дозы за счет внутреннего облучения изотопами радона в индивидуальную эффективную дозу за счет природных источников. *Выводы.* В ходе проведенного исследования установлен вклад природных источников ионизирующего излучения в суммарные дозы населения.

Ключевые слова: природное облучение, доза облучения, Архангельская область, внешнее облучение, радон.

Для цитирования: Грицай П.М., Мироновская А.В., Унгурияну Т.Н. Воздействие природных источников на уровень облучения населения Архангельской области // Здоровье населения и среда обитания. 2020. № 6 (327). С. 35–39 DOI: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2020-327-6-35-39>

The Influence of Natural Sources on Radiation Exposure Levels in the Population of the Arkhangelsk RegionP.M. Gricai¹, A.V. Mironovskaya², T.N. Unguryanu^{2,3}¹Center for Hygiene and Epidemiology in the Arkhangelsk Region,
Bldg. 1, 164 Troitsky Ave., Arkhangelsk, 163001, Russian Federation²Northern State Medical University, 51 Troitsky Ave., Arkhangelsk, 163000, Russian Federation³Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University),
Bldg. 2, 2 Bolshaya Pirogovskaya Street, 119435, Moscow, Russian Federation

Abstract. *Introduction:* The issue of radiation safety in terms of population exposure to natural sources of background radiation remains relevant since, according to the results of numerous studies, among all sources of ionizing radiation the natural ones contribute the most to the population exposure worldwide. Our *purpose* was to assess the contribution of natural sources of background radiation to the individual effective dose of the population of the Arkhangelsk Region. *Materials and methods:* We measured residential indoor and outdoor gamma dose rates and the residential indoor equivalent equilibrium volumetric activity of radon isotopes. We also analyzed data of statistical form No. 4-DOZ “Information about population exposure doses attributed to the natural and anthropogenically altered background radiation” and radiation hygiene passportization conducted in 2008–2017 by cities and districts of the Arkhangelsk Region and estimated long-term average indicators of the individual effective dose of radiation and chain indicators of the growth rate. *Results:* We established that the internal exposure to radon isotopes (46.8%) and external terrestrial exposure (23.6%) contributed the most to the individual effective dose due to natural sources in the population of the Arkhangelsk Region. In 2008–2017, the individual effective dose attributed to natural sources was 2.50 mSv/yr, to external exposure – 0.59 mSv/yr, and to internal exposure to radon isotopes – 1.17 mSv/yr. The analysis of average values of the equivalent equilibrium volumetric activity of radon isotopes and the gamma radiation dose rate in residential buildings of various type (wooden, single-story stone and multistory stone) in the Arkhangelsk Region supported the conclusion about the significant contribution of the former to the individual effective dose due to natural sources. *Conclusions:* We established the contribution of natural sources of ionizing radiation to the total doses of the population.

Key words: natural radiation, radiation dose, Arkhangelsk Region, external radiation, radon.

For citation: Gricai P.M., Mironovskaya A.V., Unguryanu T.N. The influence of natural sources on radiation exposure levels in the population of the Arkhangelsk Region. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2020; (6(327)):35–39. (In Russian) DOI: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2020-327-6-35-39>

Author information: Gricai P.M., <https://orcid.org/0000-0003-0418-4743>; Mironovskaya A.V., <http://orcid.org/0000-0001-9849-2848>; Unguryanu T.N., <https://orcid.org/0000-0001-8936-7324>.

Введение. Проблема радиационной безопасности при облучении населения природными источниками привлекает особое внимание, так как, согласно данным многочисленных исследований, среди источников ионизирующего излучения природные источники являются основным фактором облучения населения не только на территории Российской Федерации [1–5], но и в мире [6]. Многолетние наблюдения

в рамках «Единой государственной системы контроля и учета индивидуальных доз облучения граждан» (ЕСКИД), радиационно-гигиеническая паспортизация и результаты научных исследований свидетельствуют, что вклад природных источников ионизирующего излучения в суммарные дозы населения в среднем по Российской Федерации составляет более 80 % [7–9].

К природным источникам ионизирующего излучения относятся: облучение за счет долгоживущих радионуклидов, содержащихся в воздухе, а также поступающих с водой и продуктами питания; радона; космического, терригенного облучения и калия-40, который содержится в организме. Особое значение природных источников ионизирующего излучения связано с их постоянным воздействием на здоровье населения в течение всей жизни. В научной литературе подчеркивается значимость как внешнего облучения, так и внутреннего облучения за счет изотопов радона. Это связано с тем, что население основную часть времени (около 80 %) проводит в жилых или иных помещениях [10, 11]. Ограничения на облучение при воздействии дочерних продуктов радона и торона в воздухе помещений, гамма-излучение в помещениях, содержание природных радионуклидов в питьевой воде регламентируются СанПин 2.6.1.2523–09¹.

В настоящее время общепринятой является концепция о беспороговой линейной зависимости «доза — эффект», в соответствии с которой для человека отсутствуют безопасные уровни облучения, а, следовательно, с увеличением дозы, в том числе от природных источников облучения, увеличивается вероятность возникновения стохастических (беспороговых) эффектов. Стохастическими эффектами являются биологически вредные эффекты излучения, у которых нет порога дозового возникновения. Таким образом, развитие эффекта, его тяжесть не будут зависеть от дозы. При возрастании дозы облучения увеличивается риск возникновения эффекта. К стохастическим эффектам относят: генетические, тератогенные и соматико-стохастические эффекты [12].

Природные источники ионизирующего излучения являются одними из основных объектов в деятельности органов и организаций Роспотребнадзора, за которыми ведется постоянное наблюдение в рамках ЕСКИД, радиационно-гигиенической паспортизации и социально-гигиенического мониторинга. ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Архангельской области» проводит лабораторные исследования показателей радиационной безопасности и ведет базу данных по Архангельской области по уровням облучения за счет всех источников излучения. Данные из баз субъектов, которые ведутся ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии» в соответствующем субъекте по уровням доз за счет естественного и техногенно измененного радиационного фона, направляются в Федеральный банк данных. Полученные сведения используются при составлении радиационно-гигиенического паспорта Архангельской области и Российской Федерации и вносятся в ЕСКИД.

Целью исследования была оценка вклада природных источников облучения в индивидуальную дозу населения Архангельской области.

Материалы и методы. При выполнении настоящей работы проведены измерения мощности дозы гамма-излучения на местности и

в помещениях жилых зданий, эквивалентной равновесной объемной активности (ЭРОА) изотопов радона в помещениях жилых зданий. Результаты измерений включены в отчетную форму статистического наблюдения № 4-ДОЗ «Сведения о дозах облучения населения за счет естественного и техногенно измененного радиационного фона» и радиационно-гигиенические паспорта за 2008–2017 гг. по городам и районам Архангельской области. Рассчитаны среднесуточные показатели индивидуальной эффективной дозы облучения и цепные показатели темпа прироста (убыли).

По итогам проведенных лабораторных исследований и измерений согласно методическим рекомендациям² были рассчитаны показатели для оценки воздействия природных источников облучения. Показателем для расчета эффективных доз внутреннего облучения населения за счет изотопов радона является среднее арифметическое значение среднегодовой эквивалентной равновесной объемной активности (ЭРОА) изотопов радона по результатам всех выполненных измерений в деревянных, одноэтажных каменных и многоэтажных домах по формуле (1):

$$E_{\text{вн.}, Rn} = 9,0 \cdot 10^{-6} \cdot 8800 \cdot 1,05 \cdot (0,2 \cdot \bar{A}_{\text{ЭР.ул.}} + 0,8 \cdot \frac{\bar{A}_{\text{ЭР.Д}} \cdot N_{\text{Д}} + \bar{A}_{\text{ЭР.1К}} \cdot N_{\text{1К}} + \bar{A}_{\text{ЭР.МК}} \cdot N_{\text{МК}}}{N}) \quad (1),$$

где:

$9,0 \cdot 10^{-6}$ — дозовый коэффициент;

8800 — стандартное число часов в году;

1,05 — коэффициент, учитывающий дополнительный вклад в дозу материнских радионуклидов (радона-220 и радона-222);

0,8 и 0,2 — доля времени нахождения людей в помещениях и на улице соответственно;

$\bar{A}_{\text{ЭР.Д}}$ — среднегодовое значение ЭРОА изотопов радона в воздухе на открытой территории населенного пункта (индекс «ул»), в деревянных (Д), одноэтажных (1К) и многоэтажных (МК) каменных домах соответственно;

$N_{\text{Д}}$ — число взрослых жителей, проживающих в деревянных (индекс «Д»), одноэтажных («1К») и многоэтажных («МК») каменных домах соответственно;

$N = N_{\text{Д}} + N_{\text{1К}} + N_{\text{МК}}$ — общее число взрослых жителей в населенном пункте (районе и т. п.).

Для расчета эффективных доз внешнего облучения населения используется среднее арифметическое значение мощности дозы гамма-излучения по результатам всех измерений на открытой территории, в деревянных, одноэтажных каменных и многоэтажных домах, данные о количестве произведенных измерений. Расчет выполняется согласно формуле (2):

$$E_{\text{внешн.}} = 8800 \cdot 10^{-3} \cdot 0,7 \cdot (0,2 \cdot \bar{H}_{\text{ул.}} + (0,2 \cdot \bar{H}_{\text{ул.}} + 0,8 \cdot \frac{\bar{H}_{\text{Д}} \cdot N_{\text{Д}} + \bar{H}_{\text{1К}} \cdot N_{\text{1К}} + \bar{H}_{\text{МК}} \cdot N_{\text{МК}}}{N}) \quad (2),$$

где:

10^{-3} — коэффициент перевода мкЗв в мЗв;

0,7 — численный коэффициент;

$\bar{H}_{\text{Д}}$ — среднее значение мощности дозы гамма-излучения на открытой территории

¹ СанПин 2.6.1.2523–09 «Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009)». М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009. 100 с.

² Сведения о дозах облучения населения за счет естественного и техногенно измененного радиационного фона: Методические рекомендации. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2014. 38 с.

населенного пункта (индекс «ул»), в деревянных (Д), одноэтажных (1К) и многоэтажных (МК) каменных домах соответственно.

Остальные обозначения в формуле (2) те же, что и в формуле (1).

Результаты. По данным радиационно-гигиенических паспортов за 2013–2017 гг. в Архангельской области вклад природных источников в индивидуальную эффективную дозу облучения населения составил 81,9–84,1 % (табл. 1). Радиационных аварий зарегистрировано не было.

Приведенные данные свидетельствуют о высокой значимости природных источников облучения в формировании индивидуальной эффективной дозы облучения и относительном постоянстве этого значения в структуре вклада в индивидуальную эффективную дозу. Общий вклад в структуру дозы природных источников ионизирующего излучения в индивидуальную эффективную дозу на территории Архангельской области примерно соответствует таковому в среднем по Российской Федерации, например, в 2017 г. он составил 85,6 %³.

Постоянный вклад в индивидуальную эффективную дозу от природных источников на территории Архангельской области вносит космическое излучение (0,40 мЗв/год), облучение внутреннее за счет питьевой воды (0,01 мЗв/год), внутреннее облучение за счет пищи (0,12 мЗв/год), внутреннее облучение за счет калия-40 (0,17 мЗв/год), ингаляция долгоживущих природных радионуклидов с атмосферным воздухом (0,006 мЗв/год). В табл. 2 представлены

данные об индивидуальной эффективной дозе за счет природных источников и значения индивидуальных эффективных доз внешнего облучения и облучения за счет изотопов радона за 2008–2017 гг.

В рассматриваемый период средняя величина индивидуальной эффективной дозы составила 2,50 мЗв/год за счет природных источников, 0,59 мЗв/год – за счет внешнего облучения, 1,17 мЗв/год – за счет внутреннего облучения за счет изотопов радона. Таким образом, по вкладу в величину индивидуальной эффективной дозы облучения населения Архангельской области от природных источников первое место занимает внутреннее облучение за счет изотопов радона (46,8 %), второе – внешнее терригенное облучение (23,6 %), третье место – космическое излучение (16,0 %); внутреннее облучение за счет калия-40 составляет 6,8 %, продуктов питания – 4,8 %, питьевой воды – 0,4 %, ингаляция долгоживущих природных радионуклидов с атмосферным воздухом – 0,3 %.

За 2008–2017 гг. средний темп прироста индивидуальной эффективной дозы за счет природных источников составил 3,4 %. Данный прирост, обусловленный индивидуальной эффективной дозой за счет внутреннего облучения от изотопов радона, составил 15,2 %; в то же время индивидуальная эффективная доза за счет внешнего облучения продемонстрировала снижение на 0,6 %. Это позволяет подтвердить вывод о ведущей роли индивидуальной эффективной дозы за счет внутреннего облучения от

Таблица 1. Вклад в индивидуальную эффективную дозу облучения на территории Архангельской области за счет разных видов облучения в 2013–2017 гг., %

Облучение населения / Exposure of population	Годы / Years					Среднее значение / Average
	2013	2014	2015	2016	2017	
Деятельность предприятий, использующих ИИИ / Activities of industries applying sources of ionizing radiation	0,4	0,3	0,3	0,3	0,2	0,3
Техногенно измененный радиационный фон / Anthropogenically altered background radiation	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Природные источники / Natural sources	81,9	83,0	82,0	81,9	84,1	82,6
Медицинские исследования / Diagnostic radiology exams	17,5	16,5	17,5	17,6	15,5	16,9

Таблица 2. Динамика индивидуальной эффективной дозы за счет природных источников, внешнего облучения и внутреннего облучения за счет изотопов радона за 2008–2017 гг.

Table 2. The dynamics of the individual effective radiation dose created by natural sources, external exposure and internal exposure to radon isotopes, 2008–2017

Годы / Years	Природные источники / Natural sources		Внешнее облучение / External exposure		Внутреннее облучение за счет изотопов радона / Internal exposure due to radon isotopes	
	Доза, мЗв/год / Dose, mSv/yr	Темп прироста (убыли), % / Rate of increase (decrease), %	Доза, мЗв/год / Dose, mSv/yr	Темп прироста (убыли), % / Rate of increase (decrease), %	Доза, мЗв/год / Dose, mSv/yr	Темп прироста (убыли), % / Rate of increase (decrease), %
2008	2,10	–	0,60	–	0,53	–
2009	2,09	–0,2	0,60	0	0,88	66,0
2010	2,57	22,6	0,62	3,3	1,20	36,4
2011	2,72	5,9	0,65	4,8	1,11	–7,6
2012	2,68	–1,4	0,60	–7,7	1,42	28,0
2013	2,39	–11,0	0,59	–0,5	1,10	–22,6
2014	2,73	14,5	0,57	–3,9	1,47	33,5
2015	2,57	–6,0	0,59	3,1	1,27	–13,4
2016	2,47	–3,7	0,58	–2,0	1,19	–6,3
2017	2,71	9,8	0,57	–2,6	1,46	22,5
Среднее значение / Mean	2,50	3,4	0,59	–0,6	1,17	15,2

³ Результаты радиационно-гигиенической паспортизации в субъектах Российской Федерации за 2017 год: Радиационно-гигиенический паспорт Российской Федерации. М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2018. 128 с.

изотопов радона в формировании индивидуальной эффективной дозы за счет природных источников.

В ходе проведенного анализа средних значений ЭРОА и мощности дозы гамма-излучения в жилых зданиях различного типа (деревянных, одноэтажных каменных и многоэтажных каменных) на территории Архангельской области за 2008–2017 гг. установлено, что в деревянных домах наблюдается максимальное среднее значение ЭРОА радона — 18,1 Бк/м³, средние значения мощности дозы гамма-излучения во всех типах жилых домов составили 0,09–0,10 мкЗв/ч, что соответствует среднему уровню за изучаемый период. При этом средние значения мощности дозы гамма-излучения в жилых домах различного типа за 2008–2017 гг. соответствуют среднему уровню. Средние значения эквивалентной равновесной объемной активности изотопов радона в отдельные годы существенно выше или ниже среднего значения за анализируемый период. Так, например, темп прироста в 2011 году для деревянных домов составил 1,21 раза, в 2017 году — 2,45 раза для многоэтажных каменных домов. За 2008–2017 гг. средний темп прироста ЭРОА радона во всех типах домов был

положительным, наибольший темп прироста наблюдался в многоэтажных каменных домах, где он составил 35,8 % (табл. 3).

Значения мощности дозы гамма-излучения на открытой местности за 2008–2017 гг. составили 0,09–0,10 мкЗв/ч, что соответствовало среднему значению за 10 лет (0,10 мкЗв/ч). Средний темп убыли за этот период составил –2,10 %. Эти данные подтверждают ведущую роль индивидуальной эффективной дозы за счет внутреннего облучения изотопами радона и, следовательно, второстепенную роль индивидуальной эффективной дозы за счет внешнего облучения в индивидуальную эффективную дозу за счет природных источников.

При анализе уровня индивидуальной эффективной дозы облучения за счет внешнего облучения в разрезе районов области (табл. 4) минимальное значение дозы установлено в Вельском районе (0,48 мЗв/год). Значение внешнего облучения в диапазоне от 0,50 до 0,58 мЗв/год выявлено в 18 муниципальных образованиях Архангельской области; уровень дозы внешнего облучения 0,6 мЗв/год и выше — в 6 муниципальных образованиях с максимальными значениями в Красноборском районе,

Таблица 3. Средние значения эквивалентной равновесной объемной активности изотопов радона (Бк/м³) и мощности дозы гамма-излучения (мкЗв/ч) в жилых домах различного типа за 2008–2017 гг.

Table 3. Average values of equivalent equilibrium volumetric activity of radon isotopes (Bq/m³) and the gamma radiation dose rate (μSv/h) in residential buildings of various type, 2008–2017

Измеренные величины / Measured values	Единицы / Units	Типы зданий / Types of buildings		
		Деревянные / Wooden	Одноэтажные каменные / Single-story stone	Многоэтажные каменные / Multistory stone
ЭРОА радона / Equivalent equilibrium volumetric activity of radon isotopes	Бк/м ³ / Bq/m ³	18,1	16,7	17,2
	Темп прироста (убыли), % / Rate of increase (decrease), %	23,1	14,67	35,8
Мощность гамма-излучения / Gamma radiation dose rate	МкЗв/ч / μSv/h	0,09	0,09	0,10
	Темп прироста (убыли), % / Rate of increase (decrease), %	–1,0	–2,2	–1,0

Таблица 4. Индивидуальная эффективная доза за счет радона и внешнего облучения за 2013–2017 гг. по муниципальным образованиям Архангельской области, мкЗв/год

Table 4. Individual effective doses due to radon and external exposures in municipalities of the Arkhangelsk Region in 2013–2017, μSv/yr

Муниципальное образование / Municipality	Доза за счет внешнего облучения / Dose due to external exposure	Доза за счет радона / Dose due to radon
Вельский район / Velsky district	0,48	1,65
Мезенский район / Mezensky district	0,50	1,06
Ленский район / Lensky district	0,50	1,34
Устьянский район / Ustyansky district	0,51	1,55
г. Кораяжма / Koryazhma	0,52	1,13
Конюшский район / Konoshsky district	0,52	1,34
Шенкурский район / Shenkursky district	0,52	1,51
Пинежский район / Pinezhsky district	0,53	1,34
Виноградовский район / Vinogradovsky district	0,54	1,34
г. Котлас и Котласский район / Kotlas and Kotlassky district	0,55	1,35
Каргопольский район / Kargopolsky district	0,55	1,11
Холмогорский район / Kholmogorsky district	0,55	1,34
Приморский район / Primorsky district	0,56	0,90
Вилегодский район / Vilegodsky district	0,56	1,50
Лешуконский район / Leshukonsky district	0,56	1,34
Няндомский район / Nyandomsky district	0,56	1,34
Онежский район / Onezhsky district	0,56	1,34
г. Архангельск / Arkhangelsk	0,58	1,58
г. Новодвинск / Novodvinsk	0,60	1,12
Верхнетоемский район / Verkhnetoemsky district	0,60	1,19
Плесецкий район / Plesetsky district	0,61	1,03
Красноборский район / Krasnoborsky district	0,62	1,17
г. Мирный / Mirny	0,62	0,98
г. Северодвинск / Severodvinsk	0,67	1,34
Архангельская область / Arkhangelsk Region	0,56	1,34

г. Мирном (по 0,62 мЗв/год) и г. Северодвинске (0,67 мЗв/год).

Уровень индивидуальной эффективной дозы за счет радона имеет минимальное значение в Приморском районе и г. Мирном (0,90 и 0,98 мЗв/год соответственно). В 17 муниципальных образованиях Архангельской области уровень дозы за счет внешнего облучения от 1 до 1,5 мЗв/год. Наибольший уровень индивидуальной эффективной дозы за счет внешнего облучения, превышающий 1,5 мЗв/год, установлен в 5 муниципальных образованиях с максимальными значениями в г. Архангельске и Вельском районе (1,58 и 1,65 мЗв/год соответственно).

Выводы. Проведенный анализ показал, что в Архангельской области по вкладу в величину индивидуальной эффективной дозы облучения населения от природных источников первое место занимает внутреннее облучение за счет изотопов радона (53,5 %), второе место – внешнее облучение (20,7 %), третье – космическое излучение (14,7 %). Анализ средних значений ЭРОА радона и мощности дозы гамма-излучения в жилых зданиях различного типа (деревянных, одноэтажных каменных и многоэтажных каменных) на территории Архангельской области подтвердил значительный вклад ЭРОА радона в рост индивидуальной эффективной дозы за счет внутреннего облучения изотопами радона. В деревянных домах наблюдается максимальное среднее значение ЭРОА радона.

В целях обеспечения радиационной безопасности, совершенствования учета и контроля индивидуальных доз облучения населения от природных источников необходимы непрерывность контроля параметров радиационной обстановки для формирования федерального информационного фонда данных социально-гигиенического мониторинга, а также правильное и своевременное заполнение соответствующих отчетных форм всеми организациями, представляющими данные.

Информация о вкладе авторов: Грицай П.М. – существенный вклад в концепцию и дизайн исследования, получение, анализ и интерпретация данных; Мироновская А.В. – существенный вклад в концепцию и дизайн исследования, обзор литературы по проблеме, участие в редактировании текста окончательного варианта статьи; Унгурияну Т.Н. – существенный вклад в концепцию и дизайн исследования, участие в анализе, описании и обсуждении полученных результатов, утверждении окончательного варианта статьи.

Список литературы (п. 12 см. References)

1. Константинова Е.Д., Маслакова Т.А., Шалаумова Ю.В. и др. Радиоактивное загрязнение территории и адаптационная реакция организма человека // *Экология человека*. 2019. № 2. С. 4–11.
2. Никанов А.Н., Гудков А.Б., Шелков М.В. и др. Характеристика радиационного фона арктической территории в районе расположения горно-обогатительного комплекса // *Экология человека*. 2019. № 5. С. 11–14.
3. Стамат И.П., Кормановская Т.А., Горский Г.А. Радиационная безопасность населения России при облучении природными источниками ионизирующего излучения: современное состояние, направления развития и оптимизации // *Радиационная гигиена*. 2014. Т. 7. № 1. С. 54–62.
4. Степанов Е.Г., Жеребцов А.С., Гильманов Ш.З. и др. Обеспечение радиационной безопасности населения при воздействии природных источников ионизирующего излучения // *Радиационная гигиена*. 2015. Т. 8. № 1. С. 73–75.
5. Стёпкин Ю.И., Кузмичев М.К., Клепиков О.В. и др. Гигиеническая оценка доз облучения населения Воронежской области за счет естественного и техногенно измененного фона // *Радиационная гигиена*. 2018. Т. 11. № 2. С. 74–82.
6. Стамат И.П. Ограничение облучения населения за счет природных источников излучения в зданиях: проект новых стандартов безопасности МАГАТЭ // *Радиационная гигиена*. 2013. Т. 6. № 2. С. 27–30.
7. Барковский А.Н., Ахматдинов Р.Р., Ахматдинов Р.Р. и др. Итоги функционирования единой государственной системы контроля и учета индивидуальных доз облучения граждан Российской Федерации по данным за 2017 г. // *Радиационная гигиена*. 2018. Т. 11. № 4. С. 98–128.
8. Онищенко Г.Г., Попова А.Ю., Романович И.К. и др. Радиационно-гигиеническая паспортизация и ЕСКИД – информационная основа принятия управленческих решений по обеспечению радиационной безопасности населения Российской Федерации. Сообщение 2. Характеристика источников и доз облучения населения Российской Федерации // *Радиационная гигиена*. 2017. Т. 10. № 3. С. 18–35.
9. Стамат И.П., Горский Г.А. Требования по ограничению облучения населения природными источниками излучения в коммунальных условиях // *Радиационная гигиена*. 2010. Т. 3. № 4. С. 5–9.
10. Пахолкина О.А., Жуковский М.В., Ярмошенко И.В. и др. Оценка среднегодовых и средних многолетних значений ЭРОА радона в помещениях // *АНРИ*. 2010. № 2 (61). С. 50–55.
11. Стамат И.П., Кормановская Т.А., Световидов А.В. и др. Уровни облучения детей за счет природных источников излучения в детских образовательных учреждениях на территории отдельных субъектов федерации // *Радиационная гигиена*. 2011. Т. 4. № 1. С. 14–19.
1. Konstantinova ED, Maslakova TA, Shalaumova YuV, et al. Human adaptation to radioactive contamination of a territory. *Human Ecology*. 2019; (2):4–11. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.33396/1728-0869-2019-2-4-11>
2. Nikanov AN, Gudkov AB, Shelkov MV, et al. Mining and processing plant activities and the levels of background radiation in an Arctic setting. *Human Ecology*. 2019; (5):11–14. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.33396/1728-0869-2019-5-11-14>
3. Stamat IP, Kormanovskaya TA, Gorskiy GA. Russian Federation population radiation protection during the exposure from natural ionizing irradiation sources: modern state and directions for development and optimization. *Radiatsionnaya Gigena*. 2014; 7(1):54–62. (In Russian).
4. Stepanov EG, Zherebcov AS, Gilmanov SZ, et al. Population radiation protection providing under the influence of natural ionizing irradiation sources. *Radiatsionnaya Gigena*. 2015; 8(1):73–75. (In Russian).
5. Stepkin YI, Kuzmichev MK, Klepikov OV, et al. Hygienic evaluation of exposure doses for the Voronezh region population from the natural and technogenously modified background. *Radiatsionnaya Gigena*. 2018; 11(2):74–82. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.21514/1998-426X-2018-11-2-74-82>
6. Stamat IP. Limitation of population exposure indoors due to natural irradiation sources: IAEA new safety standards project. *Radiatsionnaya Gigena*. 2013; 6(2):27–30. (In Russian).
7. Barkovsky AN, Akhmatdinov RR, Akhmatdinov RR, et al. The results of functioning of the unified system of individual dose control of the Russian Federation citizens based on the 2017 data. *Radiatsionnaya Gigena*. 2018; 11(4):98–128. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.21514/1998-426X-2018-11-4-98-128>
8. Onishchenko GG, Popova AY, Romanovich IK, et al. Radiation-hygienic passportization and USIDC-information basis for management decision making for radiation safety of the population of the Russian Federation Report 2: Characteristics of the sources and exposure doses of the population of the RF. *Radiatsionnaya Gigena*. 2017; 10(3):18–35. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.21514/1998-426X-2017-10-3-18-35>
9. Stamat IP, Gorskiy GA. Requirements to the limitation of population exposure from natural ionizing sources in utility conditions. *Radiatsionnaya Gigena*. 2010; 3(4):5–9. (In Russian).
10. Pakholkina OA, Zhukovsky MV, Yarmoshenko IV, et al. Assessment of annual and long-term mean values of radon equilibrium equivalent concentration at homes. *ANRI*. 2010; (2(61)):50–55. (In Russian).
11. Stamat IP, Kormanovskaya TA, Svetovidov AV, et al. Levels of children exposure from natural ionizing sources at child educational institutions in the territory of some Russian Federation subject territories. *Radiatsionnaya Gigena*. 2011; 4(1):14–19. (In Russian).
12. Desouky O, Ding N, Zhou G. Targeted and non-targeted effects of ionizing radiation. *J Radiat Res Appl Sc*. 2015; 8(2):247–254. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jrras.2015.03.003>

Контактная информация:

Анастасия Владимировна Мироновская, кандидат медицинских наук, доцент кафедры гигиены и медицинской экологии, магистрант ФГБОУ ВО «Северный государственный медицинский университет» Минздрава России
e-mail: miro_av@mail.ru

Corresponding author:

Anastasia V. Mironovskaya, Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Department of Hygiene and Medical Ecology, MPH student at the Northern State Medical University of the Russian Ministry of Health
e-mail: miro_av@mail.ru