

УДК [504 + 614.2:613.64](470.333)

DOI: 10.33396/1728-0869-2020-7-4-14

ЗАБОЛЕВАЕМОСТЬ ДЕТСКОГО И ВЗРОСЛОГО НАСЕЛЕНИЯ БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УРОВНЕЙ РАДИАЦИОННОГО, ХИМИЧЕСКОГО И СОЧЕТАННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ: ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

© 2020 г. А. В. Корсаков, А. С. Домахина, В. П. Трошин, Э. В. Гегерь

ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет»

(НИЛ «Экология человека и анализ данных в техносфере»)

Цель исследования: эколого-гигиеническая оценка состояния окружающей среды Брянской области и уровня первичной заболеваемости детского и взрослого населения ее по всем классам болезней в течение десятилетнего (2008–2017) периода. *Методы.* Оценивались плотность радиоактивного загрязнения территорий цезием-137 (^{137}Cs) и стронцием-90 (^{90}Sr) вследствие аварии на Чернобыльской АЭС (ЧАЭС), среднегодовые эффективные дозы облучения населения, химического загрязнения. Выделены основные загрязнители, загрязняющие атмосферный воздух: оксид углерода, диоксид серы, оксиды азота и летучие органические соединения. Осуществлялся пересчет количества валовых выбросов газообразных загрязнителей в атмосферу на площадь района. Анализировалась первичная заболеваемость детского и взрослого населения по всем классам болезней. Статистический анализ данных проводился с использованием критериев Шапиро – Уилка, Манна – Уитни, теста Спирмена. Источники данных – Брянскстат, Ростехнадзор, Роспотребнадзор. *Результаты.* Выделены 4 группы территорий области по уровню радиационного, химического и сочетанного загрязнения. Установлено, что уровень первичной заболеваемости детского населения на территориях сочетанного загрязнения превышает показатели территорий химического и радиоактивного загрязнения на 34 и 11 % (1 660 против 1 235 и 1 501 на 1 000 населения). Корреляционный анализ связи уровня первичной заболеваемости детского населения с уровнем радиационного и химического загрязнения выявил среднюю статистически значимую связь с загрязнением атмосферного воздуха оксидом углерода ($\rho = 0,42$, $p = 0,02$) и более высокие и значимые связи с плотностью радиоактивного загрязнения ^{137}Cs и ^{90}Sr как у детей ($\rho = 0,64$, $p = 0,001$ по ^{137}Cs и $\rho = 0,66$, $p = 0,001$ по ^{90}Sr), так и у взрослых ($\rho = 0,50$, $p = 0,005$ по ^{137}Cs и $\rho = 0,48$, $p = 0,007$ по ^{90}Sr). *Выводы:* полученные результаты позволяют оценивать изменение состояния здоровья населения на территориях, пострадавших вследствие аварии на ЧАЭС, в зависимости от уровня сопутствующего химического загрязнения окружающей среды с учетом аддитивных и синергетических эффектов.

Ключевые слова: авария на ЧАЭС, радиоактивное, химическое, сочетанное загрязнение, цезий-137, стронций-90, загрязнители, первичная заболеваемость, корреляционный анализ, Брянская область

CHILD AND ADULT MORBIDITY IN THE BRYANSK REGION BY THE LEVEL OF RADIOACTIVE, CHEMICAL AND COMBINED CONTAMINATION: AN ECOLOGICAL STUDY

A. V. Korsakov, A. S. Domahina, V. P. Troshin, E. V. Geger

Bryansk State Technical University

(Laboratory «Human Ecology and Data Analysis in the Technosphere»), Bryansk, Russia

The aim of the study was to assess associations between the levels of radioactive, chemical and combined pollution in the Bryansk Region and all-cause child and adult morbidity over a ten-year period from 2008 to 2017. *Methods:* The density of radioactive contamination of territories by Cesium-137 (^{137}Cs) and Strontium-90 (^{90}Sr) due to the Chernobyl accident was estimated as well as the average annual effective radiation doses of the population and chemical pollution. The main pollutants contaminating the atmospheric air were found: carbon monoxide, sulfur dioxide, nitrogen oxides and volatile organic compounds. Number of gross emissions of gaseous pollutants in the atmosphere was recalculated per area of the region. The primary morbidity of child and adult population was analyzed according to all classes of diseases. Statistical analysis of the data was carried out using Shapiro - Wilk, Mann - Whitney tests and Spearman correlation coefficients. The data were obtained from Bryanskstat, Rostekhnadzor and Rosпотребнадзор. *Results:* Four groups of territories of the Bryansk region were constructed according to the levels of radiation, chemical and combined contamination. Child morbidity on the territories of combined pollution exceeds child morbidity on the territories of chemical and radioactive pollution by 34 and 11 % (1 660 vs. 1 235 and 1 501 per 1 000 population). A correlation analysis of the relationship between child morbidity and the level of radiation and chemical pollution revealed a statistically significant correlation with atmospheric air pollution by carbon monoxide ($\rho = 0,42$, $p = 0,02$) and higher and more significant correlations with the levels of radioactive contamination with ^{137}Cs and ^{90}Sr both in children ($\rho = 0,64$, $p = 0,001$ for ^{137}Cs and $\rho = 0,66$, $p = 0,001$ for ^{90}Sr), and in adults ($\rho = 0,50$, $p = 0,005$ for ^{137}Cs and $\rho = 0,48$, $p = 0,007$ for ^{90}Sr). *Conclusions:* Positive significant associations were observed between the levels of radioactive, chemical and combined pollution and child morbidity in the Bryansk region.

Key words: Chernobyl accident, radioactive, chemical, combined contamination, Cesium-137, Strontium-90, pollutants, primary morbidity, correlation analysis, Bryansk Region

Библиографическая ссылка:

Корсаков А. В., Домахина А. С., Трошин В. П., Гегерь Э. В. Заболеваемость детского и взрослого населения Брянской области в зависимости от уровней радиационного, химического и сочетанного загрязнения: экологическое исследование // Экология человека. 2020. № 7. С. 4–14.

For citing:

Korsakov A. V., Domahina A. S., Troshin V. P., Geger E. V. Child and Adult Morbidity in the Bryansk Region by the Level of Radiatoactive, Chemical and Combined Contamination: an Ecological Study. *Ekologiya cheloveka* [HumanEcology]. 2020, 7, pp. 4-14.

В результате испытания ядерного оружия, захоронения твердых и жидких радиоактивных отходов в морях и крупных радиационных аварий во второй половине XX в. (Маяк, 1957; Три-Майл-Айленд, 1979; Чернобыль, 1986) в биосферу было внесено огромное количество искусственных техногенных радионуклидов [1, 18, 19]. В начале XXI в. такая тенденция продолжилась в связи с крупной радиационной аварией на АЭС Фукусима 1 в 2011 г., последствия которой будут сказываться долгие десятилетия при незавершенной дезактивации территорий, нерешенных проблемах хранения огромного объема извлеченной загрязненной почвы (14 млн т) и воды (более 1 млн т), при этом на полный демонтаж АЭС уйдет не менее 40 лет [21, 24].

В настоящее время количество территорий, на которых мощности доз от излучений нового спектра техногенных радионуклидов в десятки раз превосходят фон, существовавший в доатомный период, неуклонно растет [1, 18, 19, 21, 22, 24].

Спустя 33 года после аварии на Чернобыльской АЭС (ЧАЭС) на радиоактивно-загрязненных территориях Украины, Беларуси и России проживает около 5 млн человек [19], а плотность радиоактивного загрязнения, определяемая в основном долгоживущими цезием-137 (^{137}Cs) и стронцием-90 (^{90}Sr), будет оставаться радиологически-значимой в течение нескольких десятилетий [9, 22].

В настоящее время в Брянской области (как наиболее пострадавшей в Российской Федерации вследствие аварии на ЧАЭС) на радиоактивно-загрязненных территориях проживает 316 тыс. человек в 749 населенных пунктах [13]. Регулярно проводимый радиоэкологический мониторинг указывает на то, что плотность загрязнения почв ^{137}Cs и ^{90}Sr на юго-западных территориях (ЮЗТ) превышает установленные пределы в десятки раз (до 2 116 кБк/м² по ^{137}Cs и до 60 кБк/м² по ^{90}Sr) [7], при этом средние накопленные эффективные дозы облучения жителей радиационно-загрязненных территорий Брянской области (1986–2016) варьируют в диапазоне от единиц до сотен мЗв [3].

Следует отметить, что на более радиоактивно-загрязненных ЮЗТ Брянского региона образовалась не встречающаяся на других территориях экологическая среда — районы сочетанного радиационно-химического загрязнения [4, 10].

Так, по официальным оценкам [6], в Брянской области в 2017 г. общий объем выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух составил 131,6 тыс. т, что на 9,8 % больше, чем в 2016 г. При этом выбросы загрязняющих веществ от стационарных источников составили 47,2 тыс. т, что на 22 % больше уровня 2016 г. В структуре выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных источников прослеживается увеличение на 29 % летучих органических соединений (ЛОС), включая вещества первого и второго класса опасности — полициклические ароматические углеводороды (бенз(а)пирен, бензол, стирол, пиридин), ненасыщенные углеводороды (винилхлорид), альдегиды

(формальдегид, акролеин) и ароматические спирты (фенол) и др. Также зарегистрировано увеличение выбросов диоксида серы (SO_2) — на 17 %, оксида углерода (CO) — на 14 %, взвешенных частиц — на 8,8 % и оксидов азота (NO_x) — на 2,7 % по сравнению с 2016 г. [6].

Следует отметить, что согласно рейтингу экологического развития городов России [14] Брянская область относится к группе отстающих регионов по таким показателям, как качество воздушной среды, водопотребление и качество воды, обращение с отходами, использование территории, транспорт, энергопотребление и управление охраной окружающей среды.

Вместе с тем, несмотря на известность географии распределения радиационного загрязнения Брянской области, исследование последствий аварии на ЧАЭС, как правило, рассматривается без учета сопутствующего химического загрязнения [4, 10]. Группировка территорий и соответственно популяционных групп населения с учетом географии распределения загрязнений основными поллютантами и радионуклидами вследствие аварии на ЧАЭС проводилась в единичных работах [2, 4, 8, 10, 11, 17].

Постоянное обострение экологической ситуации приводит к росту заболеваемости населения, а также повышению числа мутагенных факторов, создавая реальную основу для увеличения генетического груза, изменения темпов мутационного процесса [20].

В этой связи изучение состояния здоровья населения, проживающего в таких экологически неблагоприятных условиях, представляется крайне важным не только для оценки низкоуровневого Чернобыльского радиоактивного загрязнения, но и для оценки эффективности «вклада» сопутствующего химического загрязнения среды на радиоактивно-загрязненных территориях, пострадавших вследствие аварии на ЧАЭС с учетом аддитивных и синергетических эффектов. Целью настоящей работы явилась эколого-гигиеническая оценка состояния окружающей среды Брянской области и уровня первичной заболеваемости детского и взрослого населения по всем классам болезней в течение десятилетнего (2008–2017) периода.

Методы

Проведена комплексная эколого-гигиеническая оценка состояния окружающей среды и уровня первичной заболеваемости детского и взрослого населения по всем классам болезней во всех городах и районах Брянской области (4 города и 27 районов) по радиационному (вследствие аварии на ЧАЭС), химическому (вследствие загрязнения атмосферного воздуха поллютантами от стационарных источников) и сочетанному радиационно-химическому загрязнению на протяжении десятилетнего (2008–2017) периода.

Плотность радиоактивного загрязнения территорий ^{137}Cs и ^{90}Sr вследствие аварии на ЧАЭС оценивалась по данным [7], среднегодовые эффективные дозы облучения населения (СГЭД_{90}) — по данным [15], химического загрязнения — по данным Ростехнадзо-

ра — отчетов выбросов в атмосферу загрязняющих веществ от стационарных источников, тонн в год (2ТП-воздух) [12]. Были выделены основные загрязнители, загрязняющие атмосферный воздух: оксид углерода, диоксид серы, оксиды азота и ЛОС (включая бенз(а)пирен, бензол, стирол, пиридин, винилхлорид, формальдегид, акролеин и фенол).

Пересчет количества валовых выбросов газообразных загрязнителей в атмосферу (т/год) на площадь района (км²) осуществлялся в (г/м²) по данным [12].

Первичная заболеваемость детского и взрослого населения по всем классам болезней Брянской области анализировалась по данным [12] и оценивалась как интегральный показатель состояния здоровья.

Статистический анализ полученных данных проводился с использованием средств пакета Stata SE 14.2 (StataCorp., TX, USA). Нормальность распределения уровня химического и радиоактивного загрязнения оценивали с помощью критерия Шапиро — Уилка. Он показал, что выборка далека от нормального распределения как для суммы и отдельно для каждого загрязнителя, так и для ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr ($p < 0,0001$). Поэтому нами применялся тест ранговой корреляции Спирмена [5]. Для проверки статистической значимости различий (парные сравнения) мы использовали U-критерий Манна — Уитни [16].

Результаты

В результате эколого-гигиенического анализа состояния окружающей среды в городах и районах Брянской области на протяжении десятилетнего периода нами сгруппированы территории в зависимости от уровня химического загрязнения атмосферного воздуха по количеству валовых выбросов газообразных загрязнителей на площадь района (рис. 1), плотности радиоактивного загрязнения вследствие аварии на ЧАЭС ¹³⁷Cs (рис. 2) и ⁹⁰Sr (рис. 3), а также по величинам СГЭД₉₀ облучения населения (рис. 4).

В результате анализа установлено, что уровень как химического, так и радиоактивного загрязнения колеблется в широких пределах — от 9 до 28 047 г/м² по валовым выбросам в атмосферный воздух газообразных загрязнителей на площадь района (см. рис. 1); от 4,1 до 427,1 кБк/м² по ¹³⁷Cs (см. рис. 2) и от 0,4 до 15,0 кБк/м² по ⁹⁰Sr (см. рис. 3), при этом СГЭД₉₀ облучения населения от Чернобыльской компоненты колеблется от 0,05 до 1,9 мЗв в год (см. рис. 4).

На основании углубленного анализа рис. 1—4 нами проведено ранжирование территорий Брянской области в зависимости от уровня радиационного, химического и сочетанного радиационно-химического загрязнения, а также величины СГЭД₉₀ (табл. 1).

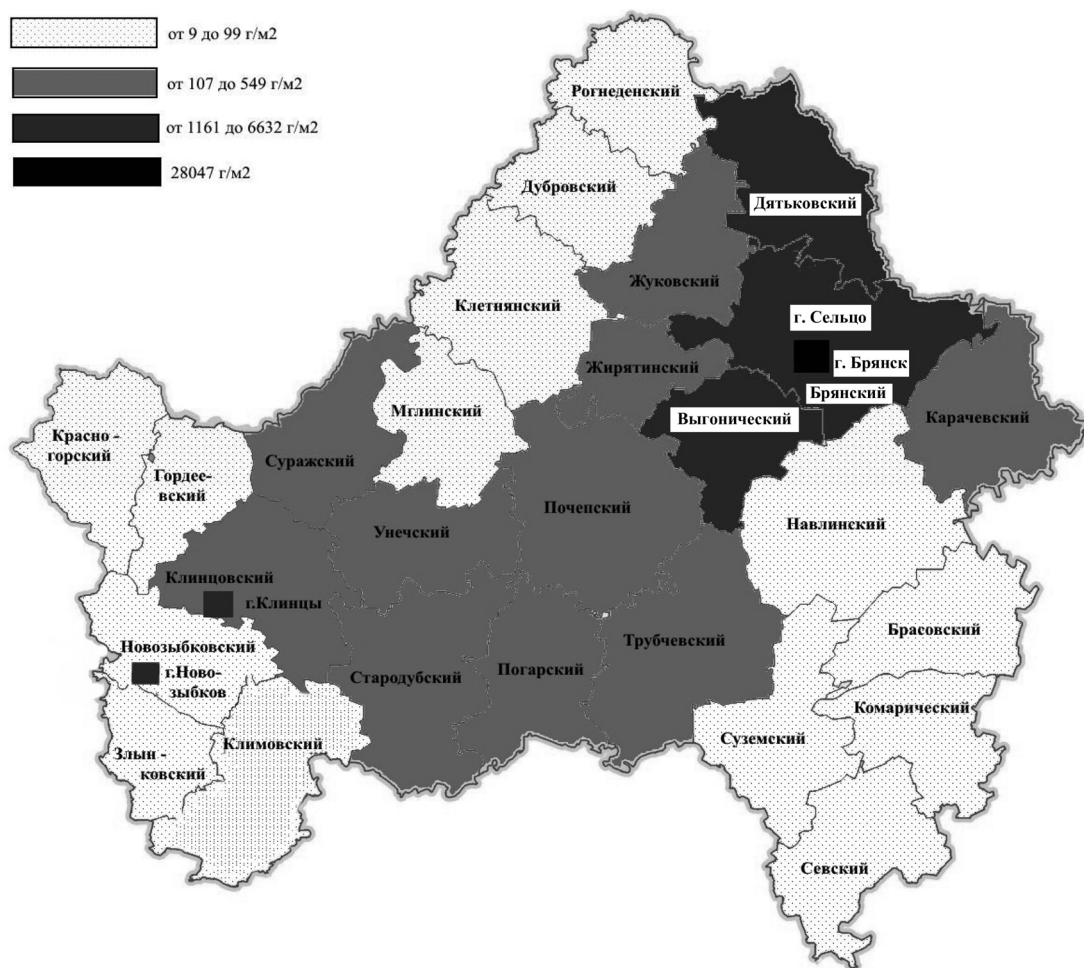


Рис. 1. Уровень химического загрязнения атмосферного воздуха территорий Брянской области по количеству валовых выбросов газообразных загрязнителей на площадь района, г/м² (2008–2017) [12]

Выделены 4 группы территорий области по степени экологического неблагополучия окружающей среды (см. табл. 1): 1) экологически благополучные территории; 2) территории химического загрязнения; 3) территории радиоактивного загрязнения; 4) территории сочетанного радиационно-химического загрязнения.

Как показывает табл. 1, данные по плотности радиоактивного загрязнения ^{137}Cs и ^{90}Sr и уровню химического загрязнения ведущими газообразными поллютантами колеблются в широких пределах. По ^{137}Cs — от 4,1 до 427,1 кБк/м², по ^{90}Sr — от 0,4 до 15,0 кБк/м². По валовым выбросам в атмосферный воздух газообразных поллютантов на площадь района (г/м²) — от 9 до 28 047, из них: по оксиду углерода — от 6 до 11 934, оксидам азота — от 0 до 8 434, диоксиду серы — от 0 до 1 924 и ЛОС — от 0 до 5 755. СГЭД₉₀ облучения населения от Чернобыльской компоненты колеблется от 0,05 до 1,9 мЗв в год.

Так, в группе экологически благополучных территорий плотность радиоактивного загрязнения ^{137}Cs меньше установленных нормативов (37 кБк/м²) в 1,5–7,4 раза, составляя 5,0–25,1 кБк/м². Плотность радиоактивного загрязнения ^{90}Sr меньше установленных нормативов (5,6 кБк/м²) в 2,4–14,0

раза. СГЭД₉₀ не превышают 0,1 мЗв в год. Уровень химического загрязнения атмосферного воздуха газообразными поллютантами колеблется от 9 до 147 г/м². Полученные результаты уровня радиационного и химического загрязнения, а также величины СГЭД₉₀ облучения населения позволяют отнести эти территории к экологически благополучным (контрольным).

На территориях химического загрязнения валовые выбросы газообразных поллютантов на площадь района превышают аналогичные показатели экологически благополучных территорий в десятки, сотни, а иногда и в тысячи раз, колеблясь в широких пределах — от 162 до 28 047 г/м². Максимальные значения зарегистрированы в Брянске, составляя 28 047 г/м², из них: по оксиду углерода — 11 934, оксидам азота — 8 434, диоксиду серы — 1 924 и ЛОС — 5 755. При этом плотность радиоактивного загрязнения регистрируется от 5,0 до 35,6 кБк/м² по ^{137}Cs и от 0,4 до 5,5 кБк/м² по ^{90}Sr . Величины СГЭД₉₀ от Чернобыльской компоненты, как и в группе экологически благополучных территорий, не превышают 0,1 мЗв в год. Полученные значения позволяют отнести данные территории к группе химически загрязненных.

В группе территорий радиоактивного загрязнения плотность загрязнения ^{137}Cs превышает установлен-

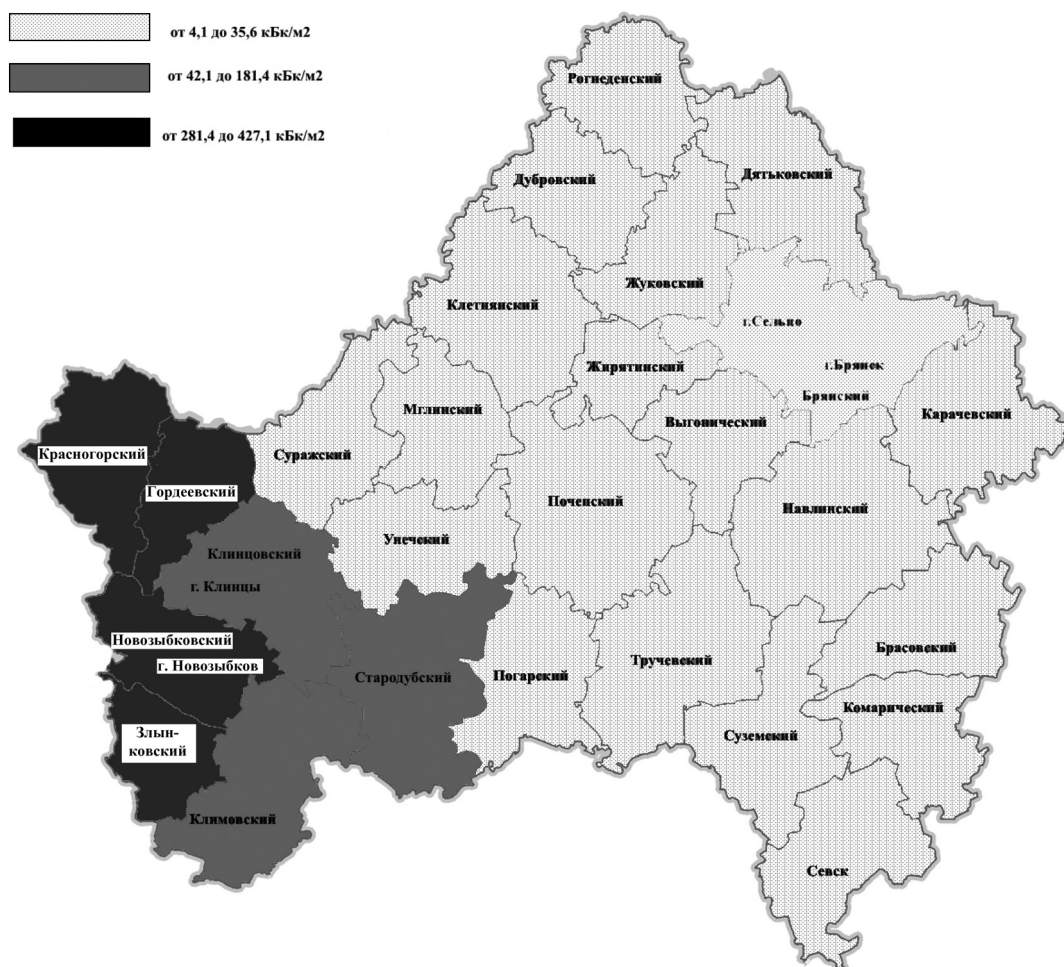


Рис. 2. Плотность радиоактивного загрязнения территорий Брянской области цезием-137 вследствие аварии на ЧАЭС, кБк/м² (2008–2017) [7]

ные нормативы в 3,5–11,5 раза (129,4–427,1 кБк/м²). Плотность загрязнения ⁹⁰Sr увеличивается до 2,7 раза (5,9–15,0 кБк/м²), однако в двух районах (Гордеевский и Клинецовский) все же не превышает установленных нормативов, составляя 4,6 и 4,3 кБк/м². Следует отметить, что СГЭД₉₀ облучения населения на радиоактивно-загрязненных территориях колеблется от 0,6 до 1,9 мЗв в год. При этом уровень химического загрязнения атмосферного воздуха является достаточно низким и сопоставим с показателями экологически благополучных территорий, колеблясь от 13,5 до 175 г/м². Такие показатели позволяют отнести данную группу районов к территориям радиоактивного загрязнения.

На территориях сочетанного радиационно-химического загрязнения плотность радиоактивного загрязнения ¹³⁷Cs, как и на радиационно-загрязненных территориях, превышает установленные нормативы в 1,14–11,4 раза, составляя 42,1–23,3 кБк/м². Плотность загрязнения ⁹⁰Sr превышена только в г. Новозыбкове (9,0 кБк/м²), а СГЭД₉₀ составляет

0,2–1,9 мЗв в год. При этом помимо повышенного и высокого уровня радиоактивного загрязнения уровень химического загрязнения газообразными поллютантами в 2,6–491,0 раза превышает величины радиационно-загрязненных районов, составляя 447–6 632 г/м², что позволяет отнести их к разряду сочетанных (см. табл. 1).

Первичная заболеваемость детского и взрослого населения Брянской области по всем классам болезней на территориях радиационного, химического и сочетанного загрязнения окружающей среды (2008–2017) представлена в табл. 2.

Данные табл. 2 указывают на то, что уровень первичной заболеваемости на экологически благополучных территориях колеблется от 663 до 1 301 на 1 000 для детского населения и от 362 до 647 для взрослого. Средние значения составляют 927 и 458 соответственно. На территориях химического загрязнения значения колеблются от 694 до 1 754 для детей (среднее 1 235) и от 335 до 659 (среднее 500) для взрослых. В условиях радиоактивного и



Рис. 3. Плотность радиоактивного загрязнения территорий Брянской области стронцием-90 вследствие аварии на ЧАЭС, кБк/м² (2008–2017) [7]



Рис. 4. Средние годовые эффективные дозы облучения населения Брянской области (СГЭД₉₀), мЗв (2008–2017) [15]

сочетанного загрязнения значения варьируют от 1 370 до 1 885 (среднее 1 501) и от 1 162 до 2 046 (среднее 1 660) для детского населения; от 539 до 1 189 (среднее 676) и от 428 до 688 (среднее 535) для взрослого. Средние значения частоты первичной заболеваемости детского и взрослого населения на экологически благополучных территориях меньше, чем на территориях химического, радиоактивного и сочетанного загрязнения, на 33, 62 и 79 % соответственно для детского и менее выражено (на 2, 28 и 9 %) для взрослого, что подтверждает экологическую «чистоту» данной группы районов. Кроме того, полученные данные подтверждают, что дети подвержены воздействию факторов экологического неблагополучия гораздо сильнее, чем взрослое население.

Уровень первичной заболеваемости детского населения на территориях сочетанного загрязнения превышает показатели территорий химического и радиоактивного загрязнения на 34 и 11 % (1 660 против 1 235 и 1 501 на 1 000 населения), что позволяет утверждать, что проживание в этих условиях является значимым фактором риска для здоровья детей и, возможно, указывает на синергетический характер действия радиационного и химического факторов.

Показатели первичной заболеваемости взрослого населения, проживающего в условиях сочетанного загрязнения, на 7 % превышают значения территорий химического загрязнения, однако на 21 % меньше значения территорий радиоактивного загрязнения. Полученные данные указывают на то, что на частоту заболеваемости влияет множество как экзогенных, так и эндогенных факторов, учесть которые представляется практически невозможным.

Следует отметить, что статистически значимые различия первичной заболеваемости регистрируются у детского населения на экологически благополучных территориях в сравнении с территориями радиоактивного ($p = 0,001$), химического ($p = 0,02$) и сочетанного ($p = 0,02$) загрязнения. Такая же закономерность выявлена между территориями химического и радиоактивного загрязнения ($p = 0,03$) и в меньшей степени (из-за малого объема выборки в условиях сочетанного загрязнения) химического и сочетанного ($p = 0,14$). Между радиоактивно-загрязненными районами и районами сочетанного загрязнения также не выявлено существенных различий. У взрослого населения существенные различия заболеваемости между группами районов не выявлены, максимальных значений они достигают

Таблица 1

Ранжирование территорий Брянской области по уровню радиационного, химического и сочетанного загрязнения окружающей среды и величины среднегодовой эффективной дозы облучения (2008–2017) [7, 12, 15]

| № | Район | Основные газообразные загрязнители атмосферного воздуха | | | | | Плотность радиоактивного загрязнения, кБк/м² | | Средняя годовая эффективная доза (СГЭД ₉₀), мЗв |
|--|----------------|--|---------|-----------------|-----------------|-------|--|------------------|---|
| | | Всего | Из них: | | | | ¹³⁷ Cs | ⁹⁰ Sr | |
| | | | ЛОС | NO _x | SO ₂ | CO | | | |
| | | Валовые выбросы газообразных поллютантов на площадь района, г/м² | | | | | | | |
| Экологически благополучные территории | | | | | | | | | |
| 1 | Рогнединский | 9 | 0 | 3 | 0 | 6 | 20,2 | 0,7 | менее 0,1 |
| | Суземский | 20 | 7 | 4 | 0 | 9 | 17,2 | 2,3 | |
| | Брасовский | 35 | 8 | 7 | 0 | 20 | 23,4 | 0,4 | |
| | Дубровский | 35,3 | 10 | 6 | 0,3 | 19 | 6,7 | 0,4 | |
| | Мглинский | 38 | 9 | 4 | 2 | 23 | 6,1 | 0,5 | |
| | Севский | 42 | 28 | 3 | 0 | 11 | 17,5 | 1,3 | |
| | Навлинский | 55 | 15 | 8 | 2 | 30 | 17,5 | 0,8 | |
| | Клетнянский | 68 | 50 | 4 | 3 | 11 | 5,0 | 0,4 | |
| | Комаричский | 99 | 33 | 10 | 9 | 47 | 25,1 | 0,9 | |
| | Карачевский | 107 | 37 | 22 | 1 | 47 | 12,9 | 0,8 | |
| | Суражский | 147 | 33 | 33 | 5 | 76 | 7,6 | 0,4 | |
| Территории химического загрязнения | | | | | | | | | |
| 2 | Погарский | 162 | 112 | 14 | 3 | 33 | 27,8 | 1,0 | менее 0,1 |
| | Жирятинский | 211 | 151 | 14 | 0 | 46 | 5,0 | 0,7 | |
| | Жуковский | 244 | 67 | 46 | 43 | 88 | 6,1 | 0,8 | |
| | Трубчевский | 307 | 135 | 25 | 1 | 146 | 21,9 | 0,7 | |
| | Почепский | 489 | 275 | 37 | 5 | 172 | 5,0 | 0,5 | |
| | Унечский | 549 | 285 | 48 | 25 | 191 | 6,7 | 0,7 | |
| | Брянский | 1161 | 1035 | 30 | 2 | 94 | 5,2 | 0,4 | |
| | Выгоничский | 1191 | 1057 | 38 | 2 | 94 | 5,2 | 0,4 | |
| | г. Сельцо | 3804 | 1091 | 1474 | 3 | 1236 | 4,1 | 0,8 | |
| | Дятьковский | 6545 | 370 | 3551 | 414 | 2210 | 35,6 | 1,0 | |
| | г. Брянск | 28047 | 5755 | 8434 | 1924 | 11934 | 8,2 | 5,5 | |
| Территории радиоактивного загрязнения | | | | | | | | | |
| 3 | Гордеевский | 13,5 | 1 | 3 | 0,5 | 9 | 304,7 | 4,6 | 1,2 |
| | Красногорский | 15 | 2 | 4 | 0 | 9 | 281,4 | 8,6 | 1,3 |
| | Злынковский | 18 | 5 | 3 | 0 | 10 | 382,4 | 15,0 | 1,7 |
| | Новozyбковский | 71 | 3 | 0 | 0 | 68 | 427,1 | 7,7 | 1,9 |
| | Климовский | 84 | 29 | 6 | 12 | 37 | 129,4 | 5,9 | 0,6 |
| | Клинцовский | 175 | 15 | 79 | 2 | 79 | 180,3 | 4,3 | 0,8 |
| Территории сочетанного радиационно-химического загрязнения | | | | | | | | | |
| 4 | г. Новozyбков | 6632 | 2600 | 1095 | 0 | 2937 | 423,3 | 9,0 | 1,9 |
| | г. Клинцы | 6591 | 2755 | 1844 | 114 | 1878 | 181,4 | 2,7 | 1,1 |
| | Стародубский | 447 | 357 | 20 | 15 | 55 | 42,1 | 1,3 | 0,2 |

между экологически благополучными территориями и территориями радиоактивного загрязнения ($p = 0,06$), территориями химического и радиоактивного загрязнения ($p = 0,07$).

В результате корреляционного анализа связи первичной заболеваемости детского и взрослого населения с уровнем химического загрязнения окружающей среды (табл. 3) не удалось выявить значимых связей с основными загрязнителями атмосферного воздуха (за исключением оксида углерода и детской заболеваемости – $p = 0,42$, $p = 0,02$). В то же время установлены средние статистически значимые связи с плотностью радиоактивного загрязнения ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr как у детей ($p = 0,64$, $p = 0,001$ по ¹³⁷Cs и $p = 0,66$, $p = 0,001$ по ⁹⁰Sr), так и у взрослых ($p = 0,50$, $p = 0,005$ по ¹³⁷Cs и $p = 0,48$, $p = 0,007$ по ⁹⁰Sr), что указывает

на ведущую роль радиационного фактора в частоте первичной заболеваемости населения (см. табл. 3).

Обсуждение результатов

Изучение влияния загрязнителей на частоту первичной заболеваемости детского и взрослого населения за десять лет (2008–2017) позволило выявить, что воздействие факторов экологического неблагополучия определяется комбинированным влиянием оксидов азота, оксида углерода, диоксида серы и летучими органическими соединениями в комплексе с загрязнением территорий долгоживущими радионуклидами (цезий-137 и стронций-90) при их изолированном и сочетанном влиянии.

Оценивая приведенные выше данные, нужно прежде всего отметить важность проведения ком-

Таблица 2

Первичная заболеваемость детского и взрослого населения Брянской области по всем классам болезней на территориях радиационного, химического и сочетанного загрязнения окружающей среды (2008–2017), на 1 000 [12]

| № | Район | Первичная заболеваемость, М ± m, ‰ | |
|---------------------------------------|--------------|---------------------------------------|----------|
| | | Дети | Взрослые |
| Экологически благополучные территории | | | |
| 1 | Рогнединский | 929±61 | 370±19 |
| | Суземский | 865±74 | 545±63 |
| | Брасовский | 1000±63 | 647±36 |
| | Дубровский | 1142±64 | 398±13 |
| | Мглинский | 663±91 | 362±27 |
| | Севский | 734±36 | 473±32 |
| | Навлинский | 1278±46 | 604±12 |
| | Клетнянский | 716±91 | 373±28 |
| | Комаричский | 807±37 | 453±19 |
| | Карачевский | 1301±50 | 571±30 |
| | Суражский | 762±28 | 581±33 |
| Среднее значение | | 927 | 489 |
| Территории химического загрязнения | | | |
| 2 | Погарский | 1279±51 | 659±31 |
| | Жирятинский | 694±93 | 483±16 |
| | Жуковский | 995±52 | 335±8 |
| | Трубчевский | 1435±155 | 523±43 |
| | Почепский | 1044±65 | 414±20 |
| | Унечский | 1222±127 | 372±30 |
| | Брянский | 1179±50 | 361±14 |

Продолжение таблицы 2

| № | Район | Первичная заболеваемость, М ± m, ‰ | |
|--|------------------|------------------------------------|----------|
| | | Дети | Взрослые |
| | Выгоничский | 1049±93 | 515±11 |
| | г. Сельцо | 1339±111 | 600±32 |
| | Дятьковский | 1754±111 | 657±25 |
| | г. Брянск | 1594±62 | 586±7 |
| | Среднее значение | 1235 | 500 |
| Территории радиоактивного загрязнения | | | |
| 3 | Гордеевский | 1370±127 | 539±27 |
| | Красногорский | 1411±99 | 597±17 |
| | Злынковский | 1885±92 | 559±27 |
| | Новозыбковский | 1530±101 | 595±23 |
| | Климовский | 1379±47 | 575±19 |
| | Клинцовский | 1433±100 | 1189±77 |
| | Среднее значение | 1501 | 676 |
| Территории сочетанного загрязнения | | | |
| 4 | г. Новозыбков | 2046±109 | 688±14 |
| | г. Клиницы | 1772±83 | 428±9 |
| | Стародубский | 1162±65 | 490±7 |
| | Среднее значение | 1660 | 535 |

Примечание. Различия первичной заболеваемости по U-критерию Манна – Уитни: А) детского и взрослого населения на экологически благополучных территориях и территориях химического (p = 0,02; p = 0,67), радиоактивного (p = 0,001; p = 0,06) и сочетанного (p = 0,02; p = 0,48) загрязнения; Б) детского и взрослого населения на территориях химического и радиоактивного (p = 0,03; p = 0,07); химического и сочетанного (p = 0,14; p = 0,59), радиоактивного и сочетанного загрязнения (p = 0,90; p = 0,24).

Таблица 3

Корреляционный анализ первичной заболеваемости детского и взрослого населения Брянской области с уровнем радиационного и химического загрязнения окружающей среды (2008–2017)

| Район | Основные газообразные загрязнители атмосферного воздуха | | | | | Плотность радиоактивно-го загрязнения, кБк/м² | | Первичная заболевае-мость, ‰ | |
|--------------|---|---------|-----------------|-----------------|-------|---|------------------|------------------------------|----------|
| | Всего | Из них: | | | | ¹³⁷ Cs | ⁹⁰ Sr | Дети | Взрослые |
| | | ЛОС | NO _x | SO ₂ | CO | | | | |
| | Валовые выбросы газообразных поллютантовна площадь района, г/м² | | | | | | | | |
| Рогнединский | 9 | 0 | 3 | 0 | 6 | 20,2 | 0,7 | 929 | 370 |
| Суземский | 20 | 7 | 4 | 0 | 9 | 17,2 | 2,3 | 865 | 545 |
| Брасовский | 35 | 8 | 7 | 0 | 20 | 23,4 | 0,4 | 1000 | 647 |
| Дубровский | 35,3 | 10 | 6 | 0,3 | 19 | 6,7 | 0,4 | 1142 | 398 |
| Мглинский | 38 | 9 | 4 | 2 | 23 | 6,1 | 0,5 | 663 | 362 |
| Севский | 42 | 28 | 3 | 0 | 11 | 17,5 | 1,3 | 734 | 473 |
| Навлинский | 55 | 15 | 8 | 2 | 30 | 17,5 | 0,8 | 1278 | 604 |
| Клетнянский | 68 | 50 | 4 | 3 | 11 | 5,0 | 0,4 | 716 | 37 |
| Комаричский | 99 | 33 | 10 | 9 | 47 | 25,1 | 0,9 | 807 | 453 |
| Карачевский | 107 | 37 | 22 | 1 | 47 | 12,9 | 0,8 | 1301 | 571 |
| Суражский | 147 | 33 | 33 | 5 | 76 | 7,6 | 0,4 | 762 | 581 |
| Погарский | 162 | 112 | 14 | 3 | 33 | 27,8 | 1,0 | 1279 | 659 |
| Жирятинский | 211 | 151 | 14 | 0 | 46 | 5,0 | 0,7 | 694 | 483 |
| Жуковский | 244 | 67 | 46 | 43 | 88 | 6,1 | 0,8 | 995 | 335 |
| Трубчевский | 307 | 135 | 25 | 1 | 146 | 21,9 | 0,7 | 1435 | 523 |
| Почепский | 489 | 275 | 37 | 5 | 172 | 5,0 | 0,5 | 1044 | 414 |
| Унечский | 549 | 285 | 48 | 25 | 191 | 6,7 | 0,7 | 1222 | 372 |
| Брянский | 1161 | 1035 | 30 | 2 | 94 | 5,2 | 0,4 | 1179 | 361 |
| Выгоничский | 1191 | 1057 | 38 | 2 | 94 | 5,2 | 0,4 | 1049 | 515 |
| г. Сельцо | 3804 | 1091 | 1474 | 3 | 1236 | 4,1 | 0,8 | 1339 | 600 |
| Дятьковский | 6545 | 370 | 3551 | 414 | 2210 | 35,6 | 1,0 | 1754 | 657 |
| г. Брянск | 28047 | 5755 | 8434 | 1924 | 11934 | 8,2 | 5,5 | 1594 | 586 |
| Гордеевский | 13,5 | 1 | 3 | 0,5 | 9 | 304,7 | 4,6 | 1370 | 539 |

Продолжение таблицы 3

| Район | Основные газообразные загрязнители атмосферного воздуха | | | | | Плотность радиоактивно-го загрязнения, кБк/м ² | | Первичная заболеваемость, ‰ | |
|----------------|--|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|---|-----------------------------|--|----------|
| | Всего | Из них: | | | | ¹³⁷ Cs | ⁹⁰ Sr | Дети | Взрослые |
| | | ЛОС | NO _x | SO ₂ | CO | | | | |
| | Валовые выбросы газообразных загрязнителей на площадь района, г/м ² | | | | | | | | |
| Красногорский | 15 | 2 | 4 | 0 | 9 | 281,4 | 8,6 | 1411 | 597 |
| Злынковский | 18 | 5 | 3 | 0 | 10 | 382,4 | 15,0 | 1885 | 559 |
| Новозыбковский | 71 | 3 | 0 | 0 | 68 | 427,1 | 7,7 | 2046 | 688 |
| Климовский | 84 | 29 | 6 | 12 | 37 | 129,4 | 5,9 | 1379 | 575 |
| Клинцовский | 175 | 15 | 79 | 2 | 79 | 180,3 | 4,3 | 1433 | 1189 |
| г. Новозыбков | 6632 | 2600 | 1095 | 0 | 2937 | 423,3 | 9,0 | 2046 | 688 |
| г. Клинцы | 6591 | 2755 | 1844 | 114 | 1878 | 181,4 | 2,7 | 1772 | 428 |
| Стародубский | 447 | 357 | 20 | 15 | 55 | 42,1 | 1,3 | 1162 | 490 |
| Дети | $\rho=0,33$ $\rho=0,07$ | $\rho=0,21$ $\rho=0,26$ | $\rho=0,32$ $\rho=0,08$ | $\rho=0,09$ $\rho=0,64$ | $\rho=0,42$ $\rho=0,02$ | $\rho=0,64$ $\rho=0,001$ | $\rho=0,66$ $\rho=0,001$ | Коэффициенты корреляции (ρ) и уровни их статистической значимости (p) | |
| Взрослые | $\rho=0,08$ $\rho=0,68$ | $\rho=-0,02$ $\rho=0,92$ | $\rho=0,17$ $\rho=0,37$ | $\rho=-0,14$ $\rho=0,46$ | $\rho=0,13$ $\rho=0,49$ | $\rho=0,50$ $\rho=0,005$ | $\rho=0,48$ $\rho=0,007$ | | |

плексной эколого-гигиенической оценки состояния окружающей среды в зависимости от уровня радиационного, химического и сочетанного загрязнения за многолетний период, поскольку влияние отдельных факторов в реальных экосистемах всегда суммируется и трансформируется (явление синергизма) [4, 10].

Такой анализ является крайне важным не только для оценки низкоуровневого Чернобыльского радиоактивного загрязнения, но и для оценки эффективности «вклада» сопутствующего химического загрязнения среды на радиоактивно-загрязненных территориях, пострадавших вследствие аварии на ЧАЭС, с учетом аддитивных и синергетических эффектов.

Дальнейшие исследования состояния здоровья населения, проживающего в таких экологически неблагоприятных условиях, крайне необходимы и могут отражать какие-то общие тенденции, аналогичные тем, что вызывают глобальный рост онкологической заболеваемости [23, 25] (например [20], увеличение генетического груза в популяциях человека в связи с ростом химического и радиационного загрязнения биосферы «глобальными» и «вечными» загрязнителями).

Выводы

1. Проведенная эколого-гигиеническая оценка состояния окружающей среды и уровня первичной заболеваемости детского и взрослого населения по всем классам болезней на протяжении десятилетнего периода (2008–2017) выявила многофакторность техногенных воздействий и позволила экологически дифференцировать города и районы Брянской области на четыре группы в зависимости от уровня радиационного, химического и сочетанного загрязнения.

2. Уровень первичной заболеваемости детского населения, проживающего на экологически благополучных территориях, статистически значимо меньше ($p = 0,001–0,02$), чем на территориях химического, радиоактивного и сочетанного загрязнения (на 33, 62 и 79 % соответственно), что подтверждает экологическую «чистоту» данной группы районов.

3. Частота первичной заболеваемости взрослого населения экологически благополучных территорий меньше, чем на территориях химического, радиоактивного и сочетанного загрязнения, на 2, 28 и 9 % соответственно, при этом различия не являются статистически значимыми.

4. Уровень первичной заболеваемости детского населения на территориях сочетанного загрязнения превышает показатели территорий химического и радиоактивного загрязнения на 34 и 11 % соответственно, что позволяет предполагать, что проживание в этих условиях является значимым фактором риска для здоровья детей и, возможно, указывает на синергетический характер действия радиационного и химического факторов.

5. Корреляционный анализ связи уровня первичной заболеваемости детского населения с уровнем радиационного и химического загрязнения выявил среднюю статистически значимую связь с загрязнением атмосферного воздуха оксидом углерода и более высокие и значимые связи с плотностью радиоактивного загрязнения цезием-137 и стронцием-90 как у детей, так и у взрослых, что указывает на ведущую роль радиационного фактора в частоте первичной заболеваемости населения (особенно детей).

6. Полученные результаты позволяют проводить оценку изменения состояния здоровья населения на территориях, пострадавших вследствие аварии на ЧАЭС, в зависимости от уровня сопутствующего химического загрязнения окружающей среды с учетом аддитивных и синергетических эффектов.

Авторство

Корсаков А. В. провел анализ литературных данных, внес существенный вклад в концепцию и дизайн исследования, подготовил рукопись и интерпретацию полученных результатов, окончательно проработал и утвердил присланную в редакцию рукопись; Домахина А. С. участвовала в сборе информации и ее подготовке для проведения статистической обработки, провела расчеты уровня химического, радиоактивного загрязнения окружающей среды и первичной заболеваемости детского и взрослого

населения, приняла участие в написании, редактировании и обсуждении статьи; Трошин В. П. участвовал в анализе и интерпретации данных, в редактировании и обсуждении статьи; Гегерь Э. В. участвовала в статистической обработке и анализе данных, в том числе с использованием современных программных средств, в редактировании и обсуждении статьи.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Корсаков Антон Вячеславович — ORCID 0000-0002-4609-0246

Домакина Александра Сергеевна — ORCID — 0000-0001-8245-7052

Трошин Владислав Павлович — ORCID — 0000-0003-1675-7553

Гегерь Эмилия Владимировна — ORCID 0000-0003-0393-4274

Список литературы

1. Алексахин Р. М., Булдаков Л. А., Губанов В. А., Дрозко Е. Г., Илин Л. А., Крышин И. И., Линге И. И. Крупные радиационные аварии: последствия и защитные меры. М.: ИздАТ, 2001. 752 с.

2. Булацева М. Б. Влияние сочетанного действия после аварийного радиоактивного и техногенного химического загрязнения на физическое развитие и здоровье детей и подростков Брянской области: автореф. дис. ... канд. мед. наук. Москва, 2005. 28 с.

3. Брук Г. Я., Базюкин А. Б., Братилова А. А., Власов А. Ю., Громов А. В., Жеско Т. В., Кадука А. Н. Средние накопленные за 1986–2016 годы эффективные дозы облучения жителей населенных пунктов Российской Федерации, отнесенных к зонам радиоактивного загрязнения по постановлению Правительства Российской Федерации от 08.10.2015 № 1074 «Об утверждении Перечня населенных пунктов, находящихся в границах зон радиоактивного загрязнения вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС» // Радиационная гигиена. 2017. Т. 10, №2. С. 57–105. DOI: 10.21514/1998-426X-2017-10-2-57-105.

4. Гегерь Э. В. Методическая основа для оценки интегральных показателей техногенной загрязненности районов Брянской области // Проблемы региональной экологии. 2012. № 1. С. 163–170.

5. Гржибовский А. М., Горбатова М. А., Наркевич А. Н., Виноградов К. А. Объем выборки для корреляционного анализа // Морская медицина. 2020. Т. 6, № 1. С. 101–106.

6. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2017 году». М.: Минприроды России; НПП «Кадастр», 2018. 888 с. URL: <https://gosdoklad-ecology.ru/2017/pdf/> (дата обращения: 24.12.2019).

7. Данные по радиоактивному загрязнению территории населенных пунктов Российской Федерации цезием-137, стронцием-90 и плутонием-239+240 / под ред. С. М. Вакуловского. Обнинск, Федеральное государственное бюджетное учреждение научно-производственное объединение «Тайфун», 2015. 225 с. URL: http://www.rpatyphoon.ru/upload/medialibrary/e38/ezheg_rzrf_2017.pdf (дата обращения: 24.12.2019).

8. Жукова Л. В. Радиационно-химическое загрязнение окружающей среды как фактор снижения показателей здоровья подростков (на примере Брянской области): автореф. дис. ... канд. биол. наук. Брянск, 2009. 24 с.

9. Изразль Ю. А., Богдевич И. М. Атлас современных и прогнозных аспектов последствий аварии на Чернобыльской АЭС на пострадавших территориях России и Беларуси. М.: Минск: Инфосфера, 2009. 140 с.

10. Корсаков А. В., Михалев В. П. Комплексная эколого-гигиеническая оценка состояния окружающей среды

как фактора риска для здоровья // Проблемы региональной экологии. 2010. № 2. С. 172–181.

11. Михалев В. П. Роль фоновых техногенных компонентов среды в формировании реакций населения на воздействие аварийного радиационного фактора: автореф. дис. ... д-ра мед. наук. Москва, 2001. 41 с.

12. Муратова Н. А. Города и районы Брянской области (статистический сборник). Брянск: Управление Федеральной службы государственной статистики по Брянской области, 2018. 252 с.

13. Постановление Правительства Российской Федерации от 08.10.2015 № 1074. Перечень населенных пунктов, находящихся в границах зон радиоактивного загрязнения вследствие катастрофы на Чернобыльской атомной электростанции. URL: <http://legalacts.ru/doc/postanovlenie-pravitelstva-ri-ot-08102015-n-1074/> (дата обращения: 24.12.2019).

14. Рейтинг экологического развития городов России в 2017 году (по данным Министерства природных ресурсов и экологии РФ). URL: <https://nangs.org/analytics/minprirody-rossii-rejting-ekologicheskogo-razvitiya-rossijskikh-gorodov-v-2016-g-pdf> (дата обращения: 24.12.2019).

15. Трапезникова Л. Н. Дозы облучения населения Брянской области от различных источников ионизирующего излучения за 2017 год (информационный справочник). Брянск: Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Брянской области, 2018. 58 с.

16. Холматова К. К., Гржибовский А. М. Применение экологических исследований в медицине и общественном здравоохранении // Экология человека. 2016. № 9. С. 57–64.

17. Цыгановский А. М. Особенности морфофункциональных реакций юношеского населения Брянской области на радиоактивную и техногенно-токсическую загрязненность окружающей среды: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Брянск, 2009. 26 с.

18. Яблоков А. В. Рассказ эколога об атомной индустрии. Иркутск: Байкальская Экологическая Волна, 2009. 132 с.

19. Яблоков А. В., Нестеренко В. Б., Нестеренко А. В., Преображенская Н. Е. Чернобыль: последствия Катастрофы для человека и природы (6-е изд., доп. и перераб.). М.: Товарищество научных изданий КМК, 2016. 826 с.

20. Яблоков А. В. О концепции популяционного груза (обзор) // Гигиена и санитария. 2015. № 6. С. 11–14.

21. Aliyu A. S., Evangeliou N., Mousseau T. A. et al. An overview of current knowledge concerning the health and environmental consequences of the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant (FDNPP) Accident // Environmental International. 2015. Vol. 85. P. 213–228.

22. Brechignac F., Oughton D., Mays C. et al. Addressing ecological effects of radiation on populations and ecosystems to improve protection of the environment against radiation: Agreed statements from a Consensus Symposium // Journal of Environmental Radioactivity. 2016. Vol. 158–159. P. 21–29.

23. Jemal A., Bray F., Center M. M. et al. Global cancer statistics // CA Cancer J Clin. 2011. Vol. 61 (2). P. 69–90.

24. Moller A. P., Mousseau T. A. Investigating the effects of low-dose radiation from Chernobyl to Fukushima: History repeats itself // Asian Perspective. 2013. Vol. 37. P. 551–565.

25. Torre L. A., Siegel R. L., Ward E. M. et al. Global cancer incidence and mortality rates and trends-an update // Cancer Epidemiol Biomarkers Prev. 2016. Vol. 25 (1). P. 16–27.

References

1. Aleksakhin R. M., Buldakov L. A., Gubanov V. A., Drozhko E. G., Ilin L. A., Kryshin I. I., Linde I. I. *Kрупnye radiatsionnye avarii: posledstviya i zashchitnye mery* [Major

radiation accidents: consequences and protective measures]. Moscow, 2001, 752 p. [In Russian]

2. Bulatseva M. B. *Vliyanie sochetannogo deistviya posleavariinogo radioaktivnogo i tekhnogennogo khimicheskogo zagryazneniya na fizicheskoe razvitiye i zdorov'e detei i podrostkov Bryanskoi oblasti (avtoref. dokt. diss.)* [The effect of the combined action after an emergency radioactive and technogenic chemical pollution on the physical development and health of children and adolescents in the Bryansk region. Author's Abstract of Doct. Diss.]. Moscow, 2005, 28 p.

3. Bruk G. Ya., Bazyukin A. B., Bratilova A. A., Vlasov A. Yu., Gromov A. V., Zhesko T. V., Kaduka A. N. Average accumulated for 1986-2016 effective doses of irradiation of residents of settlements of the Russian Federation classified as zones of radioactive contamination by the decree of the Government of the Russian Federation of 08.10.2015 № 1074 «On approval of the List of settlements within the boundaries of zones of radioactive contamination due to the Chernobyl disaster». *Radiatsionnaya gigiena* [Radiation hygiene]. 2017, 10 (2), pp. 57-105. [In Russian]

4. Geger' E. V. Methodological basis for assessing the integral indicators of technogenic pollution in the regions of the Bryansk region. *Problemy regional'noi ekologii* [Problems of regional ecology]. 2012, 1, pp. 163-170. [In Russian]

5. Grzhibovsky A. M., Gorbatova M. A., Narkevich A. N., Vinogradov K. A. Sample size for correlation analysis. *Morskaya meditsina* [Marine medicine]. 2020, 1 (6), pp. 101-106. [In Russian]

6. *State report "On the State and Environmental Protection of the Russian Federation in 2017"*. Moscow, Minprirody Rossii; NPP «Kadastr», 2018, 888 p. Available at: <http://www.gosdoklad-ecology.ru/2017/pdf/> (accessed: 24.12.2019) [In Russian]

7. *Data on radioactive contamination of the territory of settlements of the Russian Federation with Cesium-137, Strontium-90 and Plutonium-239+240*. Ed. S. M. Vakulovskii. Obninsk, «Tajfun», 2015, 225 p. Available at: http://www.rpatyphoon.ru/upload/medialibrary/e38/ezheg_rzrf_2017.pdf (accessed: 24.12.2019) [In Russian]

8. Zhukova L. V. *Radiatsionno-khimicheskoe zagryaznenie okruzhayushchei sredy kak faktor snizheniya pokazatelei zdorov'ya podrostkov (na primere Bryanskoi oblasti) (avtoref. cand. diss.)* [Radiation-chemical environmental pollution as a factor in reducing adolescent health indicators (for example, the Bryansk region). Author's Abstract of Cand. Diss.]. Bryansk, 2009, 24 p.

9. Izrael' Yu. A., Bogdevich I. M. *Atlas sovremennykh i prognozykh aspektov posledstviy avarii na Chernobyl'skoi AEHS na postradavshikh territoriyakh Rossii i Belarusi* [Atlas of modern and forecast aspects of the consequences of the Chernobyl accident in the affected areas of Russia and Belarus]. Moscow, Minsk, Infosfera Publ., 2009, 140 p.

10. Korsakov A. V., Mihalev V. P. Comprehensive environmental and hygienic assessment of the environment as a risk factor for health. *Problemy regional'noi ekologii* [Problems of regional ecology]. 2010, 2, pp. 172-181. [In Russian]

11. Mikhalev V. P. *Rol' fonovykh tekhnogennykh komponentov sredy v formirovaniye reaktivnykh naseleniya na vozdeystviye avarinogo radiatsionnogo faktora (avtoref. dokt. diss.)* [The role of background technogenic components of the environment in the formation of population reactions to the effects of emergency radiation factor. Author's Abstract of Doct. Diss.]. Moscow, 2001, 41 p.

12. Muratova N. A. *Goroda i raiony Bryanskoi oblasti (statisticheskii sbornik)* [Cities and districts of Bryansk region (statistical collection)]. Bryansk, Office of the Federal state statistics service for the Bryansk region. 2018, 252 p.

13. *List of settlements located within the boundaries of radioactive contamination zones as a result of the Chernobyl*

nuclear power plant disaster. Available at: <http://legalacts.ru/doc/postanovlenie-pravitelstva-rf-ot-08102015-n-1074/> (accessed: 24.12.2019) [In Russian]

14. *Environmental development rating of Russian cities in 2017 (according to the Ministry of natural resources and ecology of the Russian Federation)*. Available at: <https://nangs.org/analytics/minprirody-rossii-rejting-ekologicheskogo-razvitiya-rossijskikh-gorodov-v-2016-g-pdf> (accessed: 24.12.2019) [In Russian]

15. Trapeznikova L. N. *Dozy obлучeniya naseleniya Bryanskoi oblasti ot razlichnykh istochnikov ioniziruyushchego izлучeniya za 2017 god (informatsionnyi spravochnik)* [Doses for the population of the Bryansk region from various sources of ionizing radiation for 2017 (information guide)]. Bryansk, Upravlenie Federal'noi sluzhby po nadzoru v sfere zashchity prav potrebiteli i blagopoluchiya cheloveka po Bryanskoi oblasti. 2018, 58 p.

16. Kholmatova K. K., Grzhibovsky A. M. The use of environmental research in medicine and public health. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2016, 9, pp. 57-64. [In Russian]

17. Tsyganovskii A. M. *Osobennosti morfofunktsional'nykh reaktivnykh yunoshekskogo naseleniya Bryanskoi oblasti na radioaktivnyuyu i tekhnogennno-toksicheskuyu zagryaznennost' okruzhayushchei sredy (avtoref. dokt. diss.)* [Features of morphological and functional reactions of the youth of the Bryansk region to radioactive and technogenic toxic environmental pollution. Author's Abstract of Cand. Diss.]. Bryansk, 2009, 26 p.

18. Yablokov A. V. *Rasskaz ekologa ob atomnoi industrii* [Ecologist's story about the nuclear industry]. Irkutsk, Baikal'skaya Ekologicheskaya Volna, 2009, 132 p. [In Russian]

19. Yablokov A. V., Nesterenko V. B., Nesterenko A. V., Preobrazhenskaia N. E. *Chernobyl': posledstviya Katastrofy dlya cheloveka i prirody* [Chernobyl: consequences of the Disaster for man and nature]. Moscow, 2016, 826 p.

20. Yablokov A. V. On the concept of population cargo (review). *Gigiena i sanitariya*. 2015, 6, pp. 11-14. [In Russian]

21. Aliyu A. S., Evangelou N., Mousseau T. A. et al. An overview of current knowledge concerning the health and environmental consequences of the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant (FDNPP) Accident. *Environmental International*. 2015, 85, pp. 213-228.

22. Brechignac F., Oughton D., Mays C. et al. Addressing ecological effects of radiation on populations and ecosystems to improve protection of the environment against radiation: Agreed statements from a Consensus Symposium. *Journal of Environmental Radioactivity*. 2016, 158-159, pp. 21-29.

23. Jemal A., Bray F., Center M. M. Global cancer statistics. *CA Cancer J Clin*. 2011, 61 (2), pp. 69-90.

24. Moller A. P., Mousseau T. A. Investigating the effects of low-dose radiation from Chernobyl to Fukushima: History repeats itself. *Asian Perspective*. 2013, 37, pp. 551-565.

25. Torre L. A., Siegel R. L., Ward E. M. et al. Global cancer incidence and mortality rates and trends-an update. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev*. 2016, 25 (1), pp. 16-27.

Контактная информация:

Домахина Александра Сергеевна — научный сотрудник НИЛ «Экология человека и анализ данных в техносфере», аспирант кафедры «Безопасность жизнедеятельности и химия» ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет»

Адрес: 241035, г. Брянск, Бульвар 50-летия Октября, д. 7
E-mail: domahinasasha@yandex.ru