

Анализ горимости лесов Брянской области в зонах радиоактивного загрязнения и за их пределами

А.И. Радин^{1,3}, Т.А. Марченко², А.Н. Раздайковин¹

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства, Московская область, Пушкино, Россия

² Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (Федеральный центр науки и высоких технологий), Москва, Россия

³ Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (Национальный исследовательский университет), Мытищинский филиал, Московская область, Мытищи, Россия

Целью исследования является анализ горимости лесов Брянской области с учетом их радиоактивного загрязнения и потенциальных рисков дополнительного облучения для работников лесного хозяйства, задействованных в работах по тушению лесных пожаров. Значительные площади радиоактивного загрязнения лесов с преобладанием участков, относящихся к классам высокой и очень высокой природной пожарной опасности, ограничения хозяйственной деятельности и длительный пожароопасный период являются факторами, которые способствуют возможному возникновению радиоактивных лесных пожаров. Анализ объединенных данных о лесных пожарах и радиоактивном загрязнении лесных участков показал, что большая часть лесных пожаров возникает вне зон радиоактивного загрязнения и не является радиоактивными. Наибольшее число пожаров происходит в начале пожароопасного сезона. Радиоактивные лесные пожары в большинстве случаев возникают от выжигания сухой травянистой растительности, в результате перехода пожаров с земель иных категорий и по вине населения. Средняя эффективная доза дополнительного облучения за смену может быть оценена в 1,96 мкЗв, а максимальная в ~ 15,37 мкЗв. Большинство пожаров ликвидируется на ранних стадиях и не успевают охватить большие площади, что свидетельствует об эффективной работе лесопожарной службы.

Ключевые слова: радиоактивное загрязнение, радиоактивно загрязненная территория, радиоактивные лесные пожары, горимость лесов, преодоление последствий радиационных аварий, защита населения, безопасность жизнедеятельности населения.

Введение

Авария на Чернобыльской АЭС привела к загрязнению радионуклидами больших природных территорий, в том числе лесов в 15-и субъектах Российской Федерации [1, 2]. В наибольшей степени пострадала Брянская область, где до сих пор более 200 тыс. га лесов остаются в зонах радиоактивного загрязнения с плотностью загрязнения лесных почв цезием-137 (¹³⁷Cs) свыше 37 кБк/м² (1 Ки/км²). Основная часть загрязненных лесов сосредоточена на юго-западе области – в Злынковском и Клиновском лесничествах [3, 4]. В современных условиях основной вклад в радиоактивное загрязнение вносит ¹³⁷Cs.

По плотности загрязнения почвы ¹³⁷Cs леса делятся на четыре зоны¹:

- Зона низкой степени загрязнения лесов, 37-185 кБк/м²,
- Зона средней степени загрязнения лесов, 185-555 кБк/м²,
- Зона высокой степени загрязнения лесов, 555-1480 кБк/м²,
- Зона крайне высокой степени загрязнения лесов, свыше 1480 кБк/м².

Общая площадь лесов Брянской области на 01.01.2018 года составляла 1237,2 тыс. га (35,5% от общей площади области)², в том числе на землях лесного фонда - 1208,7 тыс. га (97,7 %); на землях населенных пунктов - 4,8 тыс. га (0,4%); на землях обороны и безопасности - 8,7 тыс. га (0,7%); на землях особо охраняемых природных территорий - 12,2 тыс. га (1,0%), на землях иных категорий – 2,8 тыс. га (0,2%). Фактическая лесопокрытая площадь на территории области по материалам дистанционного зон-

¹ Приказ Минприроды России от 08.06.2017 № 283 "Об утверждении Особенности осуществления профилактических и реабилитационных мероприятий в зонах радиоактивного загрязнения лесов". (Зарегистрировано в Минюсте России 18.08.2017 № 47860) [Order of the Ministry of Natural Resources of the Russian Federation dated 08.06.2017 No. 283 "On approval of the Specifics of preventive and rehabilitation measures in areas of radioactive contamination of forests" (Registered with the Ministry of Justice of the Russian Federation on 18.08.2017 No. 47860) (In Russ.)]

² Лесной план Брянской области на период 2019-2028 гг., утв. указом Губернатора Брянской области от 18 декабря 2018 № 288 [Forest plan of the Bryansk region for 2019-2028, approved by the decree of the Governor of the Bryansk region dated December 18, 2018, No. 288 (In Russ.)]

Радин Александр Игоревич

Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства

Адрес для переписки: 141200, Московская обл., г. Пушкино, ул. Институтская, д. 15; E-mail: Radin@roslesrad.ru

дирования Земли составляет 1852,4 тыс. га (55,75 %) [5]. Она включает неучтенные леса на землях запаса и землях, выведенных из сельскохозяйственного использования [6].

Ландшафтные пожары, в том числе лесные, в зонах радиоактивного загрязнения могут создавать как непосредственную опасность дополнительного облучения, так и повышать социально-психологическую напряженность жителей пострадавших территорий.

Пожарная опасность лесов зависит от степени природной пожарной опасности, погодных условий в пожароопасный сезон, вида и количества источников загорания, противопожарного обустройства лесов. Реализованной пожарной опасностью лесной территории является её фактическая горимость, которая является объективной основой шкалы пожарной опасности лесов [7].

Показателями горимости лесов для исследуемой территории служат частота возникновения пожаров, средняя площадь одного пожара и доля площади лесного фонда, пройденная огнем.

Природная пожарная опасность характеризуется пятью классами по сочетанию объектов загорания (характерные типы леса, вырубок, лесных насаждений и безлесных пространств) и наиболее вероятным видам пожаров, условиями и продолжительностью периода их возможного возникновения и распространения. К первому классу относят леса с очень высокой природной опасностью, к пятому – леса, для которых природная пожарная опасность отсутствует³. Леса Брянской области имеют высокий класс природной пожарной опасности, преобладают леса 1-4 класса (таблица 1). Средний класс природной пожарной опасности по региону составляет 2,9⁴.

Таблица 1

Распределение лесов Брянской области по классам пожарной опасности, %

[Table 1]

Distribution of forests of the Bryansk region by fire hazard classes, %]					
Класс природной пожарной опасности [Natural fire hazard class]	I	II	III	IV	V
Доля лесов, % [Percentage of forests]	16,1	14,5	33,8	33,2	2,4

³Приказ федерального агентства лесного хозяйства от 05.07.2011 № 287 «Об утверждении классификации природной пожарной опасности лесов и классификации пожарной опасности в лесах в зависимости от условий погоды» [Order No. 287 of the Federal Forestry Agency dated July 5, 2011 "On Approval of the Classification of natural fire danger of forests and classification of fire danger in forests depending on weather conditions" (In Russ.)]

⁴Лесной план Брянской области на период 2019-2028 гг., утв. указом Губернатора Брянской области от 18.12.2018 № 288 [Forest plan of the Bryansk region for 2019-2028, approved by the decree of the Governor of the Bryansk region dated December 18, 2018, No. 288 (In Russ.)]

⁵Руководство по радиационному обследованию лесов (на период 1992-1995 гг.). М., 1992. 22 с. (утв. заместителем Председателя Комитета по лесу Министерства экологии и природных ресурсов Российской Федерации Б.Д. Отставновым 29.05.1992) [Guidelines for the radiation survey of forests (for the period 1992-1995). Moscow; 1992. 22 p. (approved by the Deputy Chairman of the Committee on Forests of the Ministry of Ecology and Natural Resources of the Russian Federation B.D. Ostavnov on 05/29/1992) (In Russ.)]

⁶Руководство по радиационному обследованию лесного фонда (утв. Приказом Рослесхоза от 29.12.1995 № 195); Методические рекомендации по регламентации лесохозяйственных мероприятий в лесах, загрязнённых радионуклидами (утв. Приказом Рослесхоза от 16.03.2009 № 81) [Guidelines for the radiation survey of the forest fund (approved by the Order of the Federal Forestry Agency dated 12/29/1995 No. 195); Methodological recommendations for the regulation of forestry activities in forests contaminated with radionuclides (approved by the Order of the Federal Forestry Agency dated 03/16/2009 N 81) (In Russ.)]

⁷Методические рекомендации по регламентации лесохозяйственных мероприятий в лесах, загрязнённых радионуклидами (утв. Приказом Рослесхоза от 16.03.2009 № 81) [Methodological recommendations on the regulation of forestry activities in forests contaminated with radionuclides (approved by the Order of the Federal Forestry Agency dated 03/16/2009 No. 81) (In Russ.)]

Значительные площади радиоактивного загрязнения лесов с преобладанием участков, относящихся к классам высокой и очень высокой природной пожарной опасности, ограничения хозяйственной деятельности и длительный пожароопасный период способствуют возможному возникновению радиоактивных лесных пожаров.

Цель исследования – на основе результатов многолетнего радиационного мониторинга лесов и накопленных результатов научно-исследовательских и практических работ проанализировать горимость лесов Брянской области с учетом их радиоактивного загрязнения и потенциальных рисков для здоровья работников лесного хозяйства, задействованных в работах по тушению и профилактике лесных пожаров.

Задачи исследования

1. Провести анализ динамики (количества и площади) радиоактивных лесных пожаров в Брянской области за период 2015-2023 гг. с учётом их радиоактивного загрязнения.
2. Проанализировать причины возникновения пожаров, в том числе в зонах радиоактивного загрязнения.
3. Оценить дозы дополнительного облучения для работников лесного хозяйства, задействованных в работах по тушению и профилактике лесных пожаров.

Материалы и методы

Для оценки радиоактивного загрязнения лесов Брянской области были использованы данные радиационных обследований, проведенных подведомственными организациями Федерального агентства лесного хозяйства (Рослесхоз) в период с 1991 г. из архива отдела радиационной экологии и экотоксикологии Всероссийского научно-исследовательского института лесоводства и механизации лесного хозяйства (ФБУ ВНИИЛМ) и результаты поквартирного обследования 2019-2022 гг.

Пробы для определения плотности загрязнения ¹³⁷Cs лесных почв отбирались по принятой в лесном хозяйстве методике^{5,6,7} с использованием почвенного пробоотборника фиксированным диаметром 0,04 м на глубину 0,15 м с учетом лесной подстилки. В каждом квартале отбиралась объединенная проба из пяти точечных проб по схеме «конверт». Определение удельной активности ¹³⁷Cs проводилось в воздушно-сухих пробах. В начальный период обследования использовались различные средства измерений, пре-

имущественно радиометры РУБ-01П различных модификаций с блоком детектирования БДКГ-03П и полупроводниковые гамма-спектрометры⁸. С 2007 года в лабораториях радиационного контроля Рослесхоза стали использовать единое программно-аппаратное гамма-спектрометрическое оснащение на основе комплексов УСК Гамма-плюс с ПО «Прогресс»⁹. В 2019-2022 гг. измерения проводились в лаборатории радиационного контроля ФБУ ВНИИЛМ на гамма-спектрометрах Гамма-1П с детекторами из особо-чистого германия с программным обеспечением «SpectraLine BG»¹⁰.

Для анализа горимости были использованы статистические данные о пожарах Управления лесами Брянской области и Информационной системы дистанционного мониторинга лесных пожаров Федерального агентства лесного хозяйства (ИСДМ-Рослесхоз) за период с 2015 по 2023 гг. Для анализа использовались сведения о количестве лесных пожаров, площади лесного фонда, пройденного пожарами, причинах возгорания, затраченном времени и количестве работников лесного хозяйства, задействованных при тушении.

Сведения о лесных пожарах были объединены в базе данных с информацией о радиоактивном загрязнении лесных участков, актуализированной на даты пожаров. Для участков, пройденных повторными обследованиями, плотность загрязнения определялась как среднее актуализированных значений.

Для оценки доз дополнительного облучения работников использовалось расчетное значение нормированной мощности амбиентного эквивалента дозы (МАЭД) гамма излучения (формула (1)), полученное на основе данных радиационного обследования лесов Брянской области за период 2019-2022 гг. [8]:

$$MДy = 1,46 \cdot 10^{-3}(\text{мкЗв/ч})/(\text{кБк/м}^2), \quad (1)$$

На основании имеющейся информации о плотности загрязнения лесных участков (кварталов), пройденных лесными пожарами, рассчитывалась МАЭД на дату пожара (формула (2)):

$$МАЭД = A_{\text{Cs-акт}} \cdot MДy, \quad (2)$$

где: $A_{\text{Cs-акт}}$ – плотность загрязнения почвы ^{137}Cs , актуализированная на дату пожара, кБк/м^2 .

На основе полученных значений МАЭД рассчитывалась эффективная доза дополнительного облучения при тушении пожара (E) (формула (3)):

$$E = МАЭД \cdot K \cdot t, \quad (3)$$

где: K – коэффициент перехода от МАЭД к E , взято по литературным данным для лесных участков – 0,57 [9]. Следует отметить, что на данный коэффициент может оказывать влияние состав и структура насаждения, однако в настоящее время этот вопрос изучен недостаточно.

t – продолжительность тушения пожара, ч.

Результаты и обсуждение

Согласно действующему лесопожарному зонированию земель лесного фонда, территория Брянской области относится к зоне наземного обнаружения и тушения лесных пожаров¹¹. Обнаружение пожаров происходит преимущественно при наземном патрулировании и видеомониторинге (более 30% обнаруженных пожаров). Активное внедрение беспилотных летательных аппаратов позволяет прогнозировать увеличение их вклада в обнаружение пожаров [10]. В тушении пожаров задействуются силы и средства Лесопожарной службы Брянского управления лесами с привлечением арендаторов (на арендованных лесных участках).

На сегодняшний день большая часть лесных пожаров возникает вне зон радиоактивного загрязнения и не является радиоактивными (рис. 1, 2). При общей площади лесного фонда в 1237,2 тыс. га в зонах загрязнения по состоянию на 2023 г. находится 226,9 тыс. га, т.е. ~ 18,5 % площади. За рассматриваемый период в зонах загрязнения зарегистрировано ~ 14 % от всех произошедших пожаров. Доля площади, пройденной пожарами в зонах радиоактивного загрязнения, составила 24,8% от общей. За период с 2015 по 2023 гг. частота пожаров по региону составила 3,9 шт./100 тыс. га, в том числе в зонах радиоактивного загрязнения – 2,9 шт./100 тыс. га, относительная площадь пожаров, соответственно – 30,0 га/100 тыс. га и 40,6 га/100 тыс. га.

Увеличение относительной площади пожаров в зонах радиоактивного загрязнения обусловлено одним крупным пожаром, произошедшим 12–14 апреля 2015 г. в Клиновском лесничестве в зоне низкой степени загрязнения лесов, частично захватившим участки в зоне средней степени загрязнения. Площадь этого пожара составила 595,7 га.

⁸ Методика выполнения гамма-спектрометрических измерений активности радионуклидов в пробах почвы и растительных материалов. М., 1994, 16 с. (утверждена приказом Федеральной службы лесного хозяйства России от 05.09.1994 № 192, Свидетельство о метрологической аттестации № 73/94) [The methodology for performing gamma-spectrometric measurements of the activity of radionuclides in soil samples and plant materials. Moscow; 1994. 16 p. (approved by Order No. 192 of the Federal Forestry Service of Russia dated September 5, 1994, Certificate of Metrological Certification No. 73/94) (In Russ.)]

⁹ Методика измерения активности радионуклидов с использованием сцинтилляционного гамма-спектрометра с программным обеспечением «Прогресс». Свидетельство об аттестации МВИ № 40090.3Н700 от 22.12.2003 МИ 2491-98 Методика выполнения измерений. Содержание ^{137}Cs и ^{90}Sr в древесине, отпущаемой на корню [A method for measuring the activity of radionuclides using a scintillation gamma-ray spectrometer with Progress software. Certificate of Attestation No. 40090.3Н700 dated 12/22/2003. MI 2491-98 Measurement procedure. The content of ^{137}Cs and ^{90}Sr in the wood released on the root. (In Russ.)]

¹⁰ Методика измерений «Активность радионуклидов в счетных образцах. Методика измерений на гамма-спектрометрах с использованием программного обеспечения «SpectraLine» (Аттестована ГНМЦ «ВНИИФТРИ», Свидетельство об аттестации № 43151.4Б207/01.002942010 от 28.02.2014) [Measurement technique "Activity of radionuclides in counting samples. Measurement technique on gamma-ray spectrometers using the SpectraLine software (Certified by GNMC VNIIFTRI, Certificate of Attestation No. 43151.4B207/01.002942010 dated 02/28/2014) (In Russ.)]

¹¹ Приказ Рослесхоза от 26.01.2022 № 22 "Об установлении лесопожарного зонирования земель лесного фонда и признании утратившим силу приказа Федерального агентства лесного хозяйства от 05.08.2020 № 753" [Order of the Federal Forestry Agency No. 22 dated 01/26/2022 "On the establishment of forest fire zoning of forest Fund lands and invalidation of the Order of the Federal Forestry Agency No. 753 dated 08/05/2020" (In Russ.)]

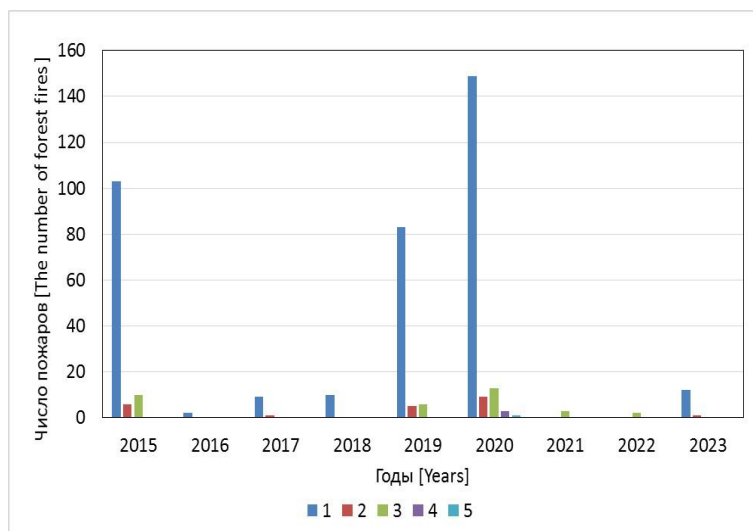


Рис. 1. Количество лесных пожаров, возникших в Брянской области в период с 2015 по 2023 г. по зонам радиоактивного загрязнения (1 – вне зоны радиоактивного загрязнения, 2 – зона низкой степени загрязнения лесов (от 37 до 185 кБк/м²), 3 – зона средней степени загрязнения лесов (от 185 до 555 кБк/м²), 4 – зона высокой степени загрязнения лесов (от 555 до 1480 кБк/м²), 5 – зона крайне высокой степени загрязнения лесов (свыше 1480 кБк/м²))

[Fig. 1. The number of forest fires that occurred in the Bryansk region in the period from 2015 to 2023, by contamination areas (1 – outside the area of radioactive contamination, 2 – low degree area of forest contamination (37 – 185 kBq/m²), 3 – medium degree area of forest contamination (185 – 555 kBq/m²), 4 – high degree area of forest contamination (555 – 1480 kBq/m²), 5 – extremely high degree area of forest contamination (1480 kBq/m² and higher))]

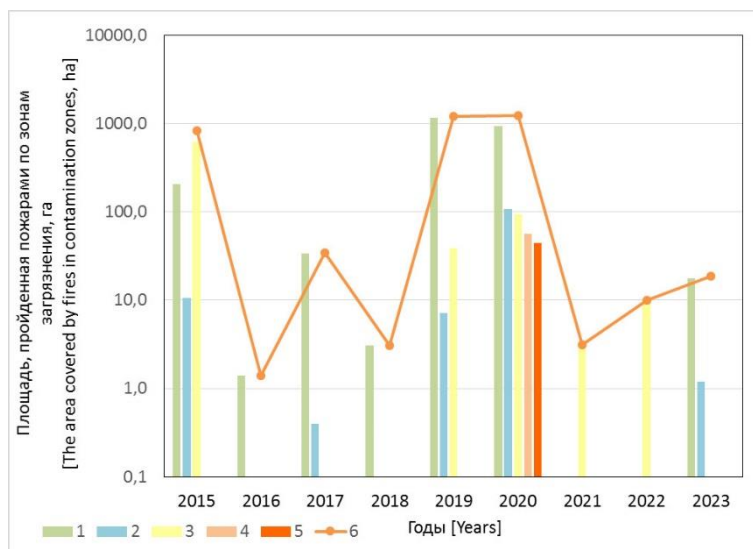


Рис. 2. Динамика площадей лесного фонда Брянской области, пройденных пожарами в период с 2015 по 2023 г. по зонам загрязнения (1 – вне зоны радиоактивного загрязнения, 2 – от 37 до 185 кБк/м², 3 – от 185 до 555 кБк/м², 4 – от 555 до 1480 кБк/м², 5 – свыше 1480 кБк/м², 6 – общая площадь)

[Fig. 2. Dynamics of the areas of the forest fund of the Bryansk region covered by fires in the period from 2015 to 2020, by contamination areas (1 – outside the area of radioactive contamination, 2 – 37–185 kBq/m², 3 – 185–555 kBq/m², 4 – 555–1480 kBq/m², 5 – 1480 kBq/m² and higher, 6 – total area)]

Большинство пожаров ликвидируется на ранних стадиях и не успевают охватить большие площади. Всего за рассматриваемый период произошло 18 крупных пожаров (площадью более 25 га) (5,5 % от общего числа) на площади 1856,32 га, из них в зонах радиоактивного загрязнения 3 пожара (в 2015, 2019 и 2020 гг.) общей площадью 672,6 га.

После внедрения в 2015-2016 гг. в наиболее загрязненных лесничествах системы видеонаблюдения на основе IP-камер, установленных на высотных объектах (вышки сотовой связи) [11] пожаров подобной площади в зонах загрязнения удавалось не допустить. Единственный крупный пожар (44,5 га) с переходом в верховой (рис. 3) произошел

в 2020 г. в 211 квартале Новозыбковского участкового лесничества и 3 – 4 кварталах урочища СХПК «Красная Ипуть».



Рис. 3. Насаждение, повреждённое лесным пожаром 13.04.2020 г. (дата съёмки – 06.06.2020 г.)
[Fig. 3. Forest stand damaged by a forest fire on 13.04.2020 (the shooting date is 06.06.2020)]

Практически все пожары – низовые. Переход в верховые наблюдался только на 3-х пожарах в условиях сложной пирологической обстановки весной (апрель) 2020 г. Общая площадь, пройденная верховыми пожарами составила 55,0 га. Эти пожары были вызваны переходом огня с иных категорий земель – в результате весеннего неконтролируемого выжигания травы в сельхозугодьях и на землях запаса.

Площадь подземных пожаров за исследуемый период составила всего 7,3 га, из них 1 пожар площадью 0,4 га произошел в 2015 г. в зоне высокой степени загрязнения лесов (555 – 1480 кБк/м²).

Сезонность пожаров

Более 75 % пожаров происходит в весенний период – с начала пожароопасного сезона (вторая половина марта) до середины мая, их площадь составила 94 % от всей пройденной пожарами площади. Для зон радиоактивного загрязнения эта тенденция сохраняется. Основной причиной возникновения пожаров в этот период являются сельхозпалы и огонь, перешедший с земель иных категорий (чаще всего, также вызванный возгоранием сухой травянистой растительности).

Причины возникновения лесных пожаров

В условиях Брянской области антропогенный фактор определяет основную группу причин возникновения лесных

пожаров – более 99 %. К ним относят проведение профилактического контролируемого выжигания лесных горючих материалов; по вине населения; по вине лиц, использующих леса; по вине экспедиций, проводящих изыскательские работы в лесу; от линейных объектов (линий электропередач, железных и автомобильных дорог, трубопроводов и иных линейных объектов); от выжиганий сухой травянистой растительности; переход лесного пожара с земель иных категорий; переход лесного пожара через границу субъекта Российской Федерации или государственную границу Российской Федерации. По природным причинам (от гроз) в Брянской области за исследуемый период зарегистрировано менее 0,01% лесных пожаров. Распределение площади, пройденной лесными пожарами по причинам возникновения приведено в таблице 2.

В зонах радиоактивного загрязнения Брянской области выявлено всего 3 причины возникновения лесных пожаров: от выжиганий сухой травянистой растительности, переход огня с земель иных категорий и по вине населения. При этом сельхозпалы занимают первое место (более 60%), переход огня с земель иных категорий – второе (более 30%) и по вине населения, то есть неосторожное обращение с огнем, разведение костров, непогашенные окурки и т.п. – третье (6,5%). Вне зон загрязнения первое место занимают лесные пожары по вине населения (68%), второе – переход огня с земель иных категорий (21%), по остальным причинам в совокупности происходит около 10% лесных пожаров.

Такая структура свидетельствует о снижении численности населения в зонах радиоактивного загрязнения и уменьшении посещаемости загрязненных лесов. Одновременно создаются предпосылки для бесконтрольного проведения сезонного выжигания травянистой растительности.

Ликвидация пожаров

Всего 15 пожаров на площади 881 га за рассматриваемый период потребовали работ по их ликвидации сроком более 1 суток. В 2016–2018, 2021 и 2022 гг. таких пожаров не наблюдалось. В тушении одного пожара принимало участие от 1 до 40 человек.

Средние затраты времени на ликвидацию пожаров в человеко-днях приведены в таблице 3.

Дозовые нагрузки для работников

Фактическая средняя плотность загрязнения участков, пройденных лесными пожарами в зонах радиоактивного загрязнения за период наблюдения – 295 кБк/м², максимальная – 2310 кБк/м². Средняя расчетная мощность амбиентного эквивалента дозы на пожаре 0,43 мкЗв/ч, максимальная – 3,37 мкЗв/ч.

Средняя эффективная доза дополнительного внешнего облучения за одну 8-часовую смену работы на кромке пожара может быть оценена в 1,96 мкЗв, а максимальная – 15,4 мкЗв.

При этом необходимо учесть, что в наиболее тяжелом в пожарном отношении 2020 г. тушение пожаров в зонах радиоактивного загрязнения осуществлялось в течение 30 суток. Основная часть загрязненных радионуклидами лесов Брянской области сосредоточена в 2х соседних лесничествах Злынковском и Клинцовском, поэтому реальна ситуация, при которой работник в полном объеме участвовал в тушении всех радиоактивных пожаров за этот год. Тогда максимальную дополнительную дозу облучения, полученную работником при работе на кромке пожара в течение сезона, с учетом ненормированного рабочего дня (достигающего 2х смен в сутки) можно оценить в ~ 0,81 мЗв.

Таблица 2

Распределение площади, пройденной лесными пожарами по причинам возникновения, процентное соотношение

[Table 2]

Distribution of the area covered by forest fires by causes, percentage ratio]

Причины пожаров	По всему лесному фонду [All forests]	Вне зон радиоактивного загрязнения [Outside the zone of radioactive contamination]	В зонах радиоактивного загрязнения [In the zones of radioactive contamination]
по вине населения [through the fault of the population]	49,93	68,01	6,52
пожар перешел с земель иных категорий [the fire moved from lands of other categories]	24,01	21,30	30,52
от выжиганий сухой травянистой растительности [from burning dry grassy vegetation]	21,11	3,68	62,96
от гроз [from thunderstorm]	0,01	0,01	0
от линейных объектов (железнодорожных путей) [from linear object (railway)]	2,04	2,90	0
по вине лиц, использующих леса [through the fault of people using forests]	0,07	0,10	0
от линейных объектов (линий электропередач) [from linear objects (power lines)]	0,18	0,26	0
по невыясненным причинам [for unexplained reasons]	1,79	2,53	0
пожар перешёл через границу субъекта или государственную границу Российской Федерации [the fire crossed the border of the region or the state border of the Russian Federation)]	0,86	1,21	0
Всего [Total]	100,00	100,00	100,00

Таблица 3

Средние трудозатраты в человеко-днях на ликвидации лесных пожаров в Брянской области

[Table 3]

Average labor costs in man-days for extinguishing of forest fires in the Bryansk region]

В зонах радиоактивного загрязнения и за их пределами [In the zones of radioactive contamination and beyond]	На ликвидацию 1 пожара [To extinguish one fire]	На 1 га площади ликвидированного пожара [Per 1 hectare of extinguished fire]
Всего по региону [Total by region]	10,2	40,0
Вне зон загрязнения [Outside the contaminated zones]	10,0	44,12
По зонам радиоактивного загрязнения, кБк/м ² : [By zones of radioactive contamination, kBq/m ²]:		
37-185	8,7	9,4
185-555	12,3	18,1
555-1480	12,9	11,8
свыше 1480 [above 1480]	11,0	0,2
Всего в зонах загрязнения [Total in the contaminated zones]	10,8	13,6

Оценить вклад внутреннего облучения достаточно сложно, однако ряд исследований [12, 13] показывает, что его доля существенно меньше внешнего облучения. Однако необходимо учитывать, что многие работники, привлекаемые к ликвидации радиоактивных лесных пожаров, выполняют и другие работы в загрязненном лесном фонде, а

также проживают в населённых пунктах, в которых среднегодовые эффективные дозы облучения (СГЭД₉₀) превышают уровень 1 мЗв [14, 15].

Для таких населённых пунктов Федеральный закон «О радиационной безопасности населения» от 9 января 1996 г. № 3-ФЗ предусматривает необходимость продолжения

проведения мероприятий по реабилитации и возврату их к нормальной жизнедеятельности [15]. Такими мероприятиями при направлении на работы в лесном фонде, загрязненном радионуклидами, должны быть: учёт СНЭД, СГЭД₅₀ и обязательный индивидуальный дозиметрический контроль.

Результаты проведенного анализа относятся к землям Гослесфонда. Тема ландшафтных пожаров вне лесного фонда требует отдельного исследования, т.к. наблюдаемые по фиксируемым системами спутникового наблюдения термоточкам возгорания на иных территориях в отдельные годы могут многократно превышать по площади лесные пожары.

Заключение

В условиях существующего радиоактивного загрязнения в лесах Брянской области сохраняется опасность возникновения радиоактивных лесных пожаров. Основные риски возникновения лесных пожаров в зонах радиоактивного загрязнения связаны с выжиганием сухой травянистой растительности (более 60%), переходом огня с земель иных категорий (более 30%) и по вине населения (6,5%).

Большая часть (~ 86%) лесных пожаров в Брянской области не является радиоактивными, так как происходит вне зон радиоактивного загрязнения. Соотношение площадей радиоактивных и не радиоактивных пожаров в годы с высокой горимостью носит случайный характер и связано с географией источников возникновения. В годы с низкой горимостью вероятность возникновения радиоактивных лесных пожаров очень мала.

Проведенный анализ статистики возникновения и ликвидации лесных пожаров свидетельствует об эффективной работе лесопожарной службы. Большинство пожаров не выходит из стадии низовых и тушится в день обнаружения.

Анализ задействованных в тушении радиоактивных лесных пожаров сил показывает, что средняя эффективная доза дополнительного облучения за смену может быть оценена в 1,96 мкЗв, а максимальная в ~ 15,4 мкЗв. Однако работники лесопожарной службы привлекаются к тушению ландшафтных пожаров и на других видах земель, что необходимо учитывать при оценке получаемой ими годовой дозы облучения.

Благодарности

Авторы выражают глубокую благодарность директору Центра защиты леса Калужской области В.Н. Евсееву и сотрудникам филиала, в особенности С.В. Мишину, А.А. Сулимову, Ю.А. Щербакову, С.В. Салопонову, Н.В. Козареву, В.А. Кучуку, К.В. Дорохову, начальнику Управления лесами Брянской области В.И. Дзубану, сотрудникам Управления и подведомственных организаций за помощь в проведении полевых работ и сборе материалов.

Информация о конфликте интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Сведения об источнике финансирования

В работе использованы материалы, полученные при выполнении работ в рамках Государственного задания и Государственных контрактов с Рослесхозом в период 2015-2023 гг.

Литература

1. Анисимов В.С., Гераськин С.А., Гешель И.В. и др. Радиоэкологические последствия аварии на Чернобыльской АЭС: биологические эффекты, миграция, реабилитация загрязненных территорий. Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии. М.: Российская академия наук, 2018. 278 с. ISBN 978-5-906906-81-6. EDN XUBZYT.
2. Раздайковин А.Н., Марадудин И.И., Радин А.И., Ромашкин Д.Ю. Радиоэкологические проблемы в лесах России // Лесохозяйственная информация. 2019. № 3. С. 116-133.
3. Атлас современных и прогнозных аспектов последствий аварии на Чернобыльской АЭС на пострадавших территориях России и Беларуси (АСПА Россия – Беларусь). Под ред. Ю.А. Израэля и И.М. Богдевича. Москва-Минск: Фонд «Инфосфера»-НИА-Природа, 2009. 140 с.
4. Финогенов А.А., Ткачев В.А., Локшин А.М. и др. Российский национальный доклад: 35 лет чернобыльской аварии. Итоги и перспективы преодоления ее последствий в России. 1986-2021. Москва: Институт проблем безопасного развития атомной энергетики РАН, 2021. 104 с. ISBN 978-5-907375-02-4. EDN UBYFPY.
5. Перепечина Ю.И., Глушенков О.И., Корсиков Р.С., Глушенков И.С. Задачи инвентаризации лесов России при проведении второго цикла // Актуальные проблемы лесного комплекса. 2020. № 56. С. 67-72. EDN MNXMAJ.
6. Марченко Т.А., Радин А.И., Раздайковин А.Н. Ретроспективное и современное состояние лесных территорий приграничных районов Брянской области, подвергшихся радиоактивному загрязнению // Радиационная гигиена. 2020. Т. 13, № 2. С. 6-18. DOI: 10.21514/1998-426X-2020-13-2-6-18.
7. Гусев В.Г. О методе оценки возможности возникновения и распространения пожаров в лесах по их фактической горимости // Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства. 2018. № 2. С. 40-52.
8. Марченко Т.А., Радин А.И., Раздайковин А.Н. Оценка мощности амбиентного эквивалента дозы на лесных участках в юго-западных районах Брянской области // Радиация и риск (Бюллетень Национального радиационно-эпидемиологического регистра). 2023. Т. 32, № 4. С. 67-78. DOI: 10.21870/0131-3878-2023-32-4-67-78. EDN AYLNKA.
9. Рамзаев В.П., Барковский А.Н., Братилова А.А. и др. Оценка годовой эффективной дозы внешнего облучения в лесах юго-западных районов Брянской области России: 2015–2021 гг. // Радиационная гигиена. 2022. Т. 15, № 3. С. 58-71.
10. Коршунов Н.А., Савченкова В.А., Перминов А.В., Конюшенков М.Е. Перспективные направления применения беспилотных авиационных систем в лесном комплексе // Лесохозяйственная информация. 2022. № 2. С. 34–46. DOI: 10.24419/LHI.2304-3083.2022.2.03
11. Белов А.А., Раздайковин А.Н., Радин А.И. и др. Адаптация системы видеонаблюдения для мониторинга лесов, загрязненных радионуклидами, на сопредельных территориях Российской Федерации и республики Беларусь / Проблемы и перспективы развития территорий, пострадавших в результате катастрофы на чернобыльской АЭС, на современном этапе (г. Хойники, 26–27 июля 2018 г.) Материалы Международной научно-практической конференции / Под общ. ред. зам. дир. по науч. раб. ГПНИУ «Полесский государственный радиационно-экологический заповедник», к.с.х. Кудина М.В. Хойники, ГПНИУ «Полесский государственный радиационно-экологический заповедник». Хойники: ГПНИУ «ПГРЭЗ», 2018. С.192-196.
12. Кашпаров В.А. Миронюк В.В., Журба М.А. и др. Радиологические последствия пожара в Чернобыльской зоне отчуждения в апреле 2015 года // Радиационная биология. Радиоэкология. 2017. Т. 57, № 5. С. 512–527.

13. 1Дворник А.А., Дворник А.М., Король Р.А., Гапоненко С.О. Радиоактивное загрязнение воздуха в результате лесных пожаров и его опасность для здоровья человека // Радиация и риск. 2016. Т. 25, № 2. С. 100–108.
14. Брук Г.Я., Базюкин А.Б., Братилова А.А. и др. 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 радио-активного 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.
15. Panov A.V., Komarova L.N., Lyapunova E.R., Melnikova A.A. Peculiarities of the exposure dose formation on the population in the most affected regions of Russia after the Chernobyl NPP accident. Nuclear Energy and Technology. 2024. Vol. 10, No 1. P. 41–46. DOI: 10.3897/nucet.10.122526.

Поступила: 25.07.2024

Радин Александр Игоревич - заведующий лабораторией радиационного контроля Всероссийского научно-исследовательского института лесоводства и механизации лесного хозяйства. **Адрес для переписки:** 141200, Московская обл., г. Пушкино, ул. Институтская, д. 15; E-mail: Radin@roslesrad.ru

ORCID: 0000-0001-7334-8946

Марченко Татьяна Андреевна - доктор медицинских наук, профессор, главный научный сотрудник 4 научно-исследовательского центра Всероссийского научно-исследовательского института по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (федеральный центр науки и высоких технологий), Москва, Россия

Раздайков Андрей Николаевич - заведующий отделом радиационной экологии и экотоксикологии леса Всероссийского научно-исследовательского института лесоводства и механизации лесного хозяйства, Московская область, Пушкино, Россия

ORCID: 0000-0002-7456-5288

Для цитирования: Радин А.И., Марченко Т.А., Раздайков А.Н. Анализ горимости лесов Брянской области в зонах радиоактивного загрязнения и за их пределами // Радиационная гигиена. 2024. Т. 17, № 3. С. 133–141. DOI: 10.21514/1998-426X-2024-17-3-133-141

Analysis of forest fire dangers of the Bryansk region in the zones of radioactive contamination and beyond

Aleksander I. Radin^{1,3}, Tatyana A. Marchenko², Andrey N. Razdaikov¹

¹ All-Russian Research Institute of Forestry and Mechanization, Moscow region, Pushkino, Russia

² All-Russian Research Institute on Civil Defence and Emergency Situations of the Ministry of Emergency Situations of Russia (Federal Center for Science and High Technologies), Moscow, Russia

³ Mytishki Branch of Bauman Moscow State Technical University, Mytishki, Moscow region, Russia

The purpose of the study is to analyze the forest fire dangers of the Bryansk region forests, taking into account their radioactive contamination and potential risks for forestry workers involved in forest fires extinguishing. Significant areas of radioactive contamination of forests with a predominance of sites belonging to the classes of high and very high natural fire danger, restrictions on economic activity and a long fire-hazardous period contribute to the occurrence of radioactive forest fires. The analysis of the combined data on forest fires and radioactive contamination of forest areas showed that most forest fires occur outside the zones of radioactive contamination and are not radioactive. The largest number of fires occurs at the beginning of the fire season. Radioactive forest fires in most cases arise from the burning of dry grassy vegetation, as a result of the transition from lands of other categories and through the fault of the population. The average effective dose of additional radiation per a workday can be estimated at 1.96 μ Sv, and the maximum at $\sim 15.4 \mu$ Sv. Most fires are extinguished in the early stages and do not have time to cover large areas. It indicates the effective work of the forest fire service

Key words: radioactive contamination, radioactively contaminated territory, radioactive forest fires, forest fire danger, overcoming the consequences of radiation accidents, protection of the population, life safety of the population.

Alexander I. Radin

All-Russian Research Institute of Forestry and Mechanization

Address for correspondence: Institutskaya ul., 15, Pushkino, Moscow region, 141200; E-mail: Radin@roslesrad.ru

Acknowledgements

The authors express their gratitude and appreciation for assistance in the work to the director of the Kaluga Region Forest Protection Center V.N.Evseev and the employees of the branch, especially [S.V.Mishin](#), A.A.Sulimov, Yu.A.Shcherbakov, S.V.Saloponov, N.V.Kozarezov, V.A.Kuchuk, K.V.Dorokhov, to the head of the Department of Forests of the Bryansk region V.I.Dzuban, employees of the Department and subordinated organizations for assistance in field work and collecting materials.

Conflict of interests

The authors declare that they have no conflicts of interest.

Sources of funding

The study was performed within the framework of the work under the state contracts dated 2015–2023 with the Federal Forestry Agency (Rosleshoz).

References

1. Radioecological consequences of the Chernobyl accident: biological effects, migration, rehabilitation of contaminated areas. Ed.: NI Sanzharova, SV Fesenko. Moscow, RIRAE; 2018. 278 p. (In Russian).
2. Razdaivodin AN, Maradudin II, Radin AI, Romashkin DYU. Radioecological Problems in the Forests of Russia. *Lesokhozyaystvennaya informatsiya = Forestry information*. 2019;3: 116–133. (In Russian).
3. The atlas of modern and forecast aspects of consequences of the Chernobyl accident in affected territories of Russia and Belarus (AMFA Russia-Belarus). Ed.: Izrael YuA, Bogdevich IM. Moscow-Minsk, Infosfera Fund-Priroda Publ.; 2009. 139 p. (In Russian).
4. 35 years of the Chernobyl accident. Results and prospects of overcoming its consequences in Russia 1986–2021. Russian national report. Ed.: LA. Bolshov. Moscow; 2021. 104 p. (In Russian).
5. Perepechina Yul, Glushenkov OI, Korsikov RS, Glushenkov IS. Tasks of inventory of Russian forests during the second cycle. *Aktualnye problemy lesnogo kompleksa = Actual problems of the forest complex*. 2020;56: 67–72. (In Russian).
6. Marchenko TA, Radin AI, Razdaivodin AN. Retrospective and current state of forest territories of the border areas of the Bryansk region exposed to radioactive contamination. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2020;13(2): 6–18. (In Russian). DOI: 10.21514/1998-426X-2020-13-2-6-18.
7. Gusev VG. On the method for assessing the possibility of occurrence and spread of fires in forests according to their actual burning. *Trudy Sankt-Peterburgskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta lesnogo khozyaystva = Proceedings of the Saint Petersburg Forestry Research Institute*. 2018;2: 40–52. (In Russian).
8. Marchenko TA, Radin AI, Razdaivodin AN. Estimation of ambient dose equivalent rate in forest sites in the south-west of the Bryansk region. *Radiatsiya i risk = Radiation and Risk*. 2023;32(4): 67–78. (In Russian). DOI: 10.21870/0131-3878-2023-32-4-67-78.
9. Ramzaev VP, Barkovsky AN, Bratilova AA, Gromov AV, Titov NV. Assessment of annual effective dose from external exposure in forests of the southwestern districts of the Bryansk region of Russia: 2015–2021. *Radiatsionnaya Gygiena – Radiation Hygiene*. 2022;15(3): 58–71. (In Russian).
10. Korshunov N, Savchenkova V, Perminov A, Konyushenkov M. Promising Areas of Application of Unmanned Aircraft Systems in the Forest Complex. *Lesokhozyaystvennaya informatsiya = Forestry information*. 2022;2: 34–46. (In Russian). DOI: 10.24419 / LHI.2304-3083.2022.2.03.
11. Belov AA, Razdaivodin AN, Radin AI, Romashkin DU. Adaptation of the video monitoring system for forest contaminated with radionuclides in adjacent territories of Russian Federation and Republic of Belarus. Problems and prospects of development of territories affected by the Chernobyl disaster at the present stage (Khoyniki, July 26–27, 2018) Materials of the International Scientific and Practical Conference / Ed.: Ph.D. of Biological Sciences Kudin MV. Khoyniki: State environmental research institution «Polesie State Radiation-Ecological Reserve». 2018. P. 192–196. (In Russian).
12. Kashparov VA, Mironyuk VV, Zhurba MA, Zibtsev SV, Glukhovskiy AS, Zhukova OM. Radiological Consequences of the Fire in the Chernobyl Exclusion Zone in April 2015. *Radiatsionnaya biologiya. Radioekologiya = Radiation biology. Radioecology*. 2017;57(5): 512–527. (In Russian).
13. Dvornik AA, Dvornik AM, Korol RA, Gaponenko SO. Radioactive contamination of air as a result of forest fires and its threat to a human health. *Radiatsiya i risk = Radiation and Risk*. 2016;25(2): 100–108. (In Russian).
14. Bruk GYa, Bazyukin AB, Bratilova AA, Vlasov AYU, Gromov AV, Zhesko TV, et al. The average accumulated effective doses (1986–2016) for the population of the settlements of the Russian Federation attributed to the zones of radioactive contamination according to the Russian Federation government resolution «On the approval of the list of the settlements being in the borders of the zones of radioactive contamination due to the Chernobyl NPP accident» No 1074 of 08.10.2015. *Radiatsionnaya Gygiena – Radiation Hygiene*. 2017;10(2): 57–105. (In Russian).
15. Panov AV, Komarova LN, Lyapunova ER, Melnikova AA. Peculiarities of the exposure dose formation on the population in the most affected regions of Russia after the Chernobyl NPP accident. *Nuclear Energy and Technology*. 2024;10(1): 41–46. DOI: 10.3897/nucet.10.122526.

Received: July 25, 2024

Alexander I. Radin - Head of the radiation control laboratory of All-Russian Research Institute of Forestry and Mechanization (Institutskaya ul., 15, Pushkino, Moskovskaya obl., 141200, Russia. E-mail: Radin@roslesrad.ru

ORCID: 0000-0001-7334-8946

Tatyana A. Marchenko - Doctor of medical sciences, professor, lead scientist of the 4th research center of All-Russian Research Institute on Civil Defence and Emergency Situations of the Ministry of Emergency Situations of Russia (Federal Center for Science and High Technologies), Moscow, Russia

Andrey N. Razdaivodin - Head of the department of the radiation ecology and ecotoxicology of the forests of All-Russian Research Institute of Forestry and Mechanization, Moscow region, Pushkino, Russia

ORCID: 0000-0002-7456-5288

For citation: Radin A.I., Marchenko T.A., Razdaivodin A.N. Analysis of forest fire dangers of the Bryansk region in the zones of radioactive contamination and beyond. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2024. Vol. 17, No. 3. P. 133–141. (In Russian). DOI: 10.21514/1998-426X-2024-17-3-133-141.