

ТЕХНОСФЕРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ



Научная статья

УДК 504.064.2+504.064.36

<https://doi.org/10.23947/2541-9129-2023-1-16-27>

Исследование влияния лесных и торфяных пожаров на радиационную обстановку в юго-западных районах Брянской области

О. Н. Апанасюк^{ID} ✉, С. Л. Гаврилов^{ID}, С. А. Шикин^{ID}, А. Е. Пименов^{ID}

Институт проблем безопасного развития атомной энергетики Российской академии наук, Российская Федерация, Москва, ул. Большая Тульская, 52

✉ aon@ibrae.ac.ru

Аннотация

Введение. Рассмотрено влияние радиационных лесных и торфяных пожаров на распространение радиоактивного загрязнения, которое затрагивает благополучие тысяч людей. Ухудшается состояние окружающей среды на обширных территориях, развиваются негативные социально-экономические процессы. Это серьезная проблема двух государств: Российской Федерации и Республики Беларусь. Цели представленной работы: исследование радиационной обстановки в лесах и на торфяниках, расположенных в приграничных районах Брянской области, а также изучение возможности переноса радиоактивных материалов при лесных и торфяных пожарах.

Материалы и методы. Из научной литературы выделены факты, которые уточнили теоретическую базу представленного исследования. Авторы учли, в частности, что:

- активность радионуклидов в почве снижается прямо пропорционально глубине;
- торфяной пожар — это неконтролируемое горение;
- выбросы фракций цезия-137 (^{137}Cs) во время пожара могут достичь 3–4 %.

Из прикладной литературы и официальных источников известны площади лесов на радиационно загрязненных территориях (РЗТ) Брянской области, выявлены наиболее проблемные с этой точки зрения районы.

В экспедиционных исследованиях задействовали передвижную радиометрическую лабораторию, сцинтилляционный гамма-спектрометр МКС-АТ6101С. Результаты полевой гамма-спектрометрии регистрировали в трех населенных пунктах. Расчеты для гипотетического пожара выполнялись с помощью программного средства САУР АИУС РСЧС 2030.

Результаты исследования. Проанализированы последствия крупных и продолжительных пожаров в зоне отчуждения Чернобыльской атомной электростанции. Установлено, что инциденты не привели к опасным последствиям для населения. Суммарная эффективная доза ингаляций составила $\sim 0,003$ % от допустимого уровня облучения. Отмечено, однако, что почва лесов Брянской области получила значимый вред от загрязнения ^{137}Cs . Плотность такого загрязнения превысила 5 Ки/км² на 40 % пострадавших лесов. Из них на 16 % зафиксирован показатель 15–40 Ки/км² и больше, в отдельных кварталах — до 200 Ки/км². Установлено, что до 2026 года в регионе сохранятся зоны с высокой плотностью загрязнения (40 Ки/км²). Особенно проблемными представляются пять районов: Гордеевский, Злынковский, Клинцовский, Красногорский и Новозыбковский.

При фиксации и прогнозировании вреда авторы представленной работы исходили из следующего факта: при пожарах продукты горения (лесная подстилка, трава и подлесок) содержат больше радиоактивных веществ, чем кроны деревьев. В этой связи замеры на значительной высоте не производились.

Маршрут экспедиционного обследования выбирался исходя из имеющихся данных по максимальному уровню радиоактивного загрязнения. Зафиксированная в 2 757 точках мощность амбиентного эквивалента дозы (МАЭД) гамма-излучения не превысила 1,2 мкЗв/ч (при среднем значении 0,2–0,3 мкЗв/ч). Замеры на болотах не выявили следов ^{137}Cs на глубине более 40 см. Максимальная активность ^{137}Cs наблюдалась в верхнем

(0–4 см) слое почвы (до 65 %). С учетом полученных данных оценили возможность радиоактивного загрязнения в случае лесного пожара. Согласно расчетам в программной среде, радиоактивное загрязнение распространится на 348 га. Плотность радиоактивного загрязнения местности может вырасти на 5–10 % (от исходной). Пострадают 33 человека, есть угроза гибели 1 человека.

Установлено, что горящий торфяник — самый мощный и длительно действующий источник радиоактивного загрязнения, поэтому важно предупреждать торфяные и лесные пожары. Это позволит сократить перенос радионуклидов и выбросы радиоактивных дымов. Следует развивать дистанционные и надводные средства радиационного контроля.

Обсуждение и заключения. Зарегистрированная МАЭД не опасна для здоровья населения Брянской области. Однако частые возгорания существенно повышают вероятность переноса активного ^{137}Cs на жилые территории. В этом смысле актуален своевременный мониторинг и прогнозирование пожаров. Авторы сформулировали предложения по совершенствованию технической и технологической составляющих решения рассмотренной проблемы.

1. Для уточнения радиационной обстановки оборудовать автомобили повышенной проходимости:
 - средствами регистрации радиационной обстановки;
 - программно-аппаратным комплексом для автоматического сбора, анализа информации и ее фиксации в базах данных.

2. Обеспечить надежную сотовую связь между всеми подразделениями оперативного реагирования в зоне чрезвычайной ситуации.

Дальнейшие исследования ориентированы на создание в зоне ЧС быстроразвертываемых модулей контроля радиационной обстановки и мобильных комплексов аэрогаммасъемки с применением беспилотников.

Ключевые слова: лесные пожары, торфяные пожары, радиоактивно загрязненная территория, авария на Чернобыльской АЭС, зоны радиоактивного загрязнения, радиационная разведка, радиационный контроль, радиационные риски для населения.

Благодарности. Авторы выражают признательность коллегам — А. В. Симонову, В. Н. Долгову, А. С. Клёмину, В. Ю. Яковлеву и А. М. Шведову за участие в организации и проведении экспедиционных обследований радиоактивно загрязненных территорий юго-западных районов Брянской области.

Для цитирования. Исследование влияния лесных и торфяных пожаров на радиационную обстановку в юго-западных районах Брянской области / О. Н. Апанасюк, С. Л. Гаврилов, С. А. Шикин, А. Е. Пименов // Безопасность техногенных и природных систем. — 2023. — № 1. — С. 16–27. <https://doi.org/10.23947/2541-9129-2023-1-16-27>

© Апанасюк О. Н., Гаврилов С. Л., Шикин С. А., Пименов А. Е., 2023

Original article

Study of the Influence of Forest and Peat Fires on the Radiation Situation in the South-Western Regions of the Bryansk Region

Oleg N. Apanasyuk , Sergey L. Gavrilov , Sergey A. Shikin , Artem E. Pimenov 

Nuclear Safety Institute of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation

✉ aon@ibrae.ac.ru

Abstract

Introduction. The paper considers the influence of radiation forest and peat fires on the spread of radioactive contamination, which affects the well-being of thousands of people. The state of the environment in vast territories is deteriorating; negative socio-economic processes are developing. This is a serious problem of two states: the Russian Federation and the Republic of Belarus. The objectives of the presented work are to study the radiation situation in forests and peat bogs located in the border areas of the Bryansk region, as well as to study the possibility of transferring radioactive materials during forest and peat fires.

Materials and Methods. The facts that clarified the theoretical basis of the presented research are highlighted in the scientific literature. The authors took into account, in particular, that:

- the activity of radionuclides in the soil decreases in direct proportion to the depth;
- a peat fire is an uncontrolled burning;
- emissions of caesium-137 fractions (^{137}Cs) during a fire can reach 3–4 %.

We know the areas of forests in radiation-contaminated territories (RCT) of the Bryansk region from the applied literature and official sources. The most problematic areas from this point of view have been identified.

A mobile radiometric laboratory, a scintillation gamma-ray spectrometer MKS-AT6101S were involved in the expedition research. The results of field gamma-ray spectrometry were recorded in three localities. The calculations for a hypothetical fire were carried out using the SAUR AIUS RSCHS 2030 software tool.

Results. The consequences of large and prolonged fires in the exclusion zone of the Chernobyl nuclear power plant are analyzed. It is established that the incidents did not lead to dangerous consequences for the population. The total effective dose of inhalations was ~0.003 % of the permissible level of irradiation. It is noted, however, that the forest soil of the Bryansk region has received significant damage from ^{137}Cs pollution. The density of such pollution exceeded 5 Ci/km² in 40 % of the affected forests. Of these, an indicator of 15–40 Ci/km² and more was recorded in 16 %, in some quarters — up to 200 Ci/km². It is established that zones with a high contamination density (40 Ci/km²) will remain in the region until 2026. Five districts are particularly problematic: Gordeevsky, Zlynkovsky, Klintsovsky, Krasnogorsky and Novozybkovsky.

When fixing and predicting harm, the authors of the presented work proceeded from the following fact: during fires, the combustion products (forest litter, grass and undergrowth) contain more radioactive substances than the crowns of trees. In this regard, measurements were not made at a significant height.

The field study route was chosen based on the available data on the maximum level of radioactive contamination. The ambient dose equivalent rate (ADER) of gamma radiation recorded at 2,757 points did not exceed 1.2 µSv/h (with an average value of 0.2–0.3 µSv/h). Measurements in the marshes did not reveal traces of ^{137}Cs at a depth of more than 40 cm. The maximum activity of ^{137}Cs was observed in the upper (0–4 cm) soil layer (up to 65 %). Taking into account the data obtained, the possibility of radioactive contamination in the event of a forest fire was assessed. According to the calculations in the software environment, radioactive contamination will spread to 348 hectares. The density of radioactive contamination of the area may increase by 5–10 % (from the initial one). 33 people will suffer; there is a threat of death of 1 person.

It has been established that a burning peat bog is the most powerful and long-term source of radioactive contamination, therefore it is important to prevent peat and forest fires. This will reduce the transfer of radionuclides and emissions of radioactive fumes. Remote and surface radiation monitoring facilities should be developed.

Discussion and Conclusion. The registered ADER is not dangerous for the health of the population of the Bryansk region. However, frequent fires significantly increase the likelihood of transferring active ^{137}Cs to residential areas. In this sense, timely monitoring and forecasting of fires is relevant. The authors formulated proposals to improve the technical and technological components of the solution of the considered problem.

1. To clarify the radiation situation, all-terrain vehicles should be equipped with:

- means of registering the radiation situation;
- software and hardware complex for automatic collection, analysis of information and its fixation in databases.

2. There should be a reliable cellular communication between all rapid response units in the emergency zone.

Further research is focused on the creation of fast-deployable radiation monitoring modules and mobile aerial photography complexes using drones in the emergency zone.

Keywords: forest fires, peat fires, radioactively contaminated territory, Chernobyl accident, radioactive contamination zones, radiation survey, radiation control, radiation risks for the population.

Acknowledgements. The authors express their gratitude to their colleagues — Simonov A. V., Dolgov V. N., Klemin A. S., Yakovlev V. Yu. and Shvedov A. M. for their direct participation in the organization and conduct of field studies of radioactively contaminated territories of the south-western regions of the Bryansk region.

For citation. Apanasyuk O. N., Gavrilov S. L., Shikin S. E., Pimenov A. E. Study of the Influence of Forest and Peat Fires on the Radiation Situation in the South-Western Regions of the Bryansk Region. Safety of Technogenic and Natural Systems, 2023, no.1, pp. 16–27. <https://doi.org/10.23947/2541-9129-2023-1-16-27>

Введение. Данные научной и прикладной литературы позволяют составить представление о радиационной обстановке в лесах и на торфяниках, расположенных на радиоактивно загрязненных территориях (РЗТ) приграничных районов Брянской области. В ряде трудов изучено влияние на окружающую среду крупных лесных пожаров в зоне отчуждения (ЗО) Чернобыльской атомной электростанции (ЧАЭС).

Из материалов Атласа последствий аварии на ЧАЭС¹ следует, что леса подверглись радиоактивному загрязнению на территории более 3 млн га в 15 субъектах Российской Федерации и шести областях Республики

¹ 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. М. Богдевича. Москва ; Минск, 2009. 140 с.

Беларусь. Авария на ЧАЭС стала причиной загрязнения радионуклидами более 1,5 млн га российских² и 292,1 тыс. га брянских лесов. Стоит уточнить, что последняя цифра — это около 30 % лесного фонда Брянской области.

Пожары в лесах и торфяниках на РЗТ повышают радиационные риски для населения прилегающих территорий, в том числе юго-западных районов Брянской области. Этим обусловлена актуальность рассматриваемой проблемы.

Цели научных изысканий: исследование радиационной обстановки в лесах и на торфяниках, расположенных в приграничных районах Брянской области, а также изучение возможности переноса радиоактивных материалов при лесных и торфяных пожарах.

Основные задачи:

- анализ содержания ^{137}Cs в лесных горючих материалах при возникновении пожаров;
- оценка опасности пожаров в лесах и на торфяниках с высокими уровнями радиоактивного загрязнения для здоровья населения, проживающего на РЗТ;
- подготовка предложений по совершенствованию технической и технологической составляющих решения исследуемой проблемы;
- определение направления дальнейших исследований в данной области.

Материалы и методы. Значительное число исследований посвящено оценке влияния на окружающую среду пожаров в лесах и на торфяниках РЗТ³ [3–12]. Ряд ученых отмечают, что на РЗТ переносчиком радионуклидов может быть дым лесных пожаров⁴ [1–9, 12].

Из [1] известно, что активность радионуклидов в почве снижается прямо пропорционально глубине. ^{137}Cs и трансурановые элементы большей частью сосредоточены в верхнем (0–5 см) слое. Здесь их содержание ^{137}Cs варьируется в диапазоне 41–76 %.

В [2] показано, что лесные и торфяные пожары представляют собой неконтролируемый процесс горения. Это бедствие для населения, экономики и природы. При тушении таких пожаров на РЗТ добавляется радиационный фактор.

В [3] отмечено, что выбросы фракций ^{137}Cs во время лесных пожаров могут достигать 3–4 %.

В [4] подчеркивается важность точного прогнозирования пожарных рисков для успешной стратегии тушения лесных пожаров. Предложено использовать программное обеспечение системы поддержки принятия решений. Данный софт состоит из модуля оценки пожарной опасности и модуля переноса радионуклидов при пожаре. Он позволяет работать с параметрами лесных пожаров на основе базы данных и прогнозировать экологические последствия лесных пожаров на РЗТ (количество выбросов радионуклидов, вторичное загрязнение территорий).

В экспедиционных исследованиях юго-западных районов Брянской области использовали передвижную радиометрическую лабораторию РЗТ. Данное оборудование позволило определить влияние лесных и торфяных пожаров на распространение радиоактивного загрязнения. Кроме того, оценивались радиационные риски для населения. В трех населенных пунктах регистрировали результаты полевой гамма-спектрометрии. В эксперименте задействовали сцинтилляционный гамма-спектрометр МКС-АТ6101С. Расчеты для гипотетического пожара выполнялись с помощью программного средства САУР АИУС РСЧС 2030⁵.

Результаты исследования

Анализ последствий крупных лесных пожаров в ЗО ЧАЭС. В апреле 2020 года вспыхнули масштабные лесные пожары в черныбыльской ЗО. Леса и луга интенсивно горели более двух недель [5]. С 6 по 26 апреля возгорания фиксировались в радиусе 25 км вокруг реактора [6].

3 апреля огонь охватил огромную площадь лесов вокруг ЗО [7] (рис. 1).

² 30 лет черныбыльской аварии. Итоги и перспективы преодоления ее последствий в России 1986–2016 : Российский национальный доклад / С. И. Воронов [и др.]. М., 2016. 202 с.

³ Кузьменкова Н. В., Рожкова А. К., Воробьева Т. А. Радиоэкологическая оценка воздействия торфяных пожаров на окружающую среду в зоне отселения Брянской области // Радиоэкологические последствия радиационных аварий: к 35-й годовщине аварии на ЧАЭС : мат-лы междунар. науч.-практ. конф. Обнинск. 2021. С. 190–193.

⁴ То же

⁵ Информационно-аналитическая система анализа и управления рисками автоматизированной информационно-управляющей системы Единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (САУР АИУС РСЧС-2030) / ООО «ЦИЭКС» // <http://www.esrc.ru> : [сайт]. URL: http://www.esrc.ru/sites/default/files/contentuploads/docs/cieks_2020.pdf?ysclid=17q7p6c8cl443523486 (дата обращения: 06.09.2022).

<https://www.bps-journal.ru>

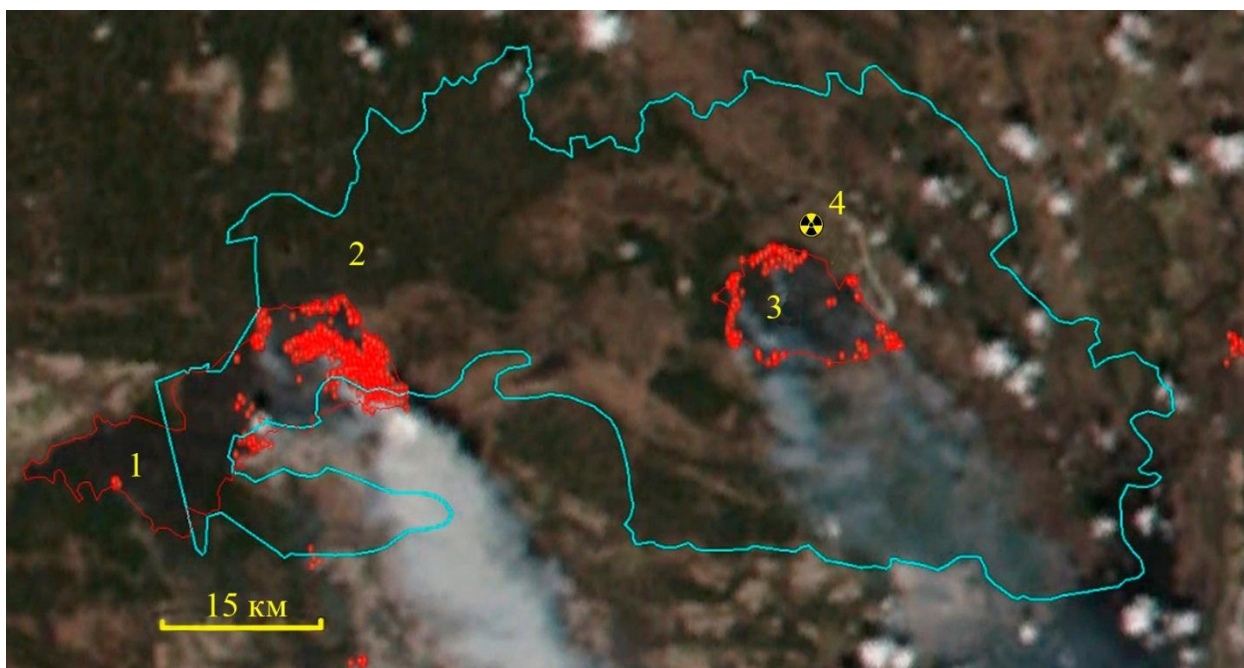


Рис. 1. Спутниковый снимок пожара в ЗО (апрель 2020 года): 1 — место возникновения пожара 3 апреля; 2, 3 — состояние на 8 апреля; 4 — месторасположение ЧАЭС, голубая линия — граница ЗО [7]⁶

Его удалось потушить только через 10 суток. Пожар, охвативший около 20 тыс. га, уничтожил значительный массив леса⁷.

В тушении приняли участие более 1 тыс. человек, 120 пожарных машин, вертолеты и самолеты. Для воздушной разведки задействовали 10 беспилотных летательных аппаратов (БПЛА)⁸. Это позволило быстро оценить ситуацию и принять верные решения по разворачиванию средств борьбы с огнем⁹.

Большинство публикаций в зарубежных научных журналах подтвердили отсутствие радиационной опасности для населения. Об этом же говорилось в заявлении Международного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ)¹⁰. Полученная от пожаров в ЗО суммарная эффективная доза ингаляций составила ~0,003 % от допустимого уровня облучения населения (1 мЗв/год) [5].

После чернобыльской аварии в 1986 году первые значимые лесные пожары в ЗО датируются августом 1992 года. Они затронули 1 тыс. га лугов и лесных угодий, верховой пожар охватил более 5 тыс. га [7]. При низовых пожарах не наблюдалось заметное (более 1 км) продвижение радиоактивного загрязнения, даже по ходу распространения дыма. Продукты горения от верхового пожара при сильном ветре переносятся намного дальше, но они имеют меньшую радиоактивность, так как кроны деревьев загрязнены намного меньше, чем лесная подстилка, трава и подлесок [7].

В 1994 году на западной территории Рыжего леса в ЗО измеряли содержание ¹³⁷Cs в разных уровнях соснового леса: от хвои до почвы на глубине 15 см (рис. 2 [7, 8]).

⁶ Квітневі лісові пожежі 2020 року в зоні відчуження Чорнобильської АЕС стали найбільшими в історії / Лісівник // for-ester.blogspot.com : [сайт]. URL: https://for-ester.blogspot.com/2020/04/2020_10.html (дата обращения: 06.09.2022).

⁷ Сивков П. Экологи заявили о вторичном радиоактивном загрязнении из-за лесных пожаров в зоне ЧАЭС / ТАСС : [сайт]. URL: <https://tass.ru/obschestvo/10583913> (дата обращения : 06.09.2022).

⁸ Воздушный кодекс Российской Федерации от 19 марта 1997 г. № 60-ФЗ / Государственная Дума ; Совет Федерации // ivo.garant.ru : [сайт]. URL: <http://ivo.garant.ru/#/document/10200300/paragraph/319340:1> (дата обращения : 08.10.2022).

⁹ Peng H. Chernobyl: Massive Wildfire Extinguished with the Help of Drones // DJI Enterprise : [сайт]. URL: <https://enterprise-insights.dji.com/user-stories/chernobyl-wildfire-extinguished-with-drones> (дата обращения: 27.08.2022).

¹⁰ МАГАТЭ не видит радиационных рисков в связи с пожарами в чернобыльской зоне отчуждения / Международное агентство по атомной энергии // iaea.org : [сайт]. <https://www.iaea.org/ru/newscenter/pressreleases/magate-ne-vidit-radiacionnyh-riskov-v-svyazi-s-pozharami-v-chernobylskoy-zone-otchuzhdeniya> (дата обращения: 06.09.2022). <https://www.bps-journal.ru>

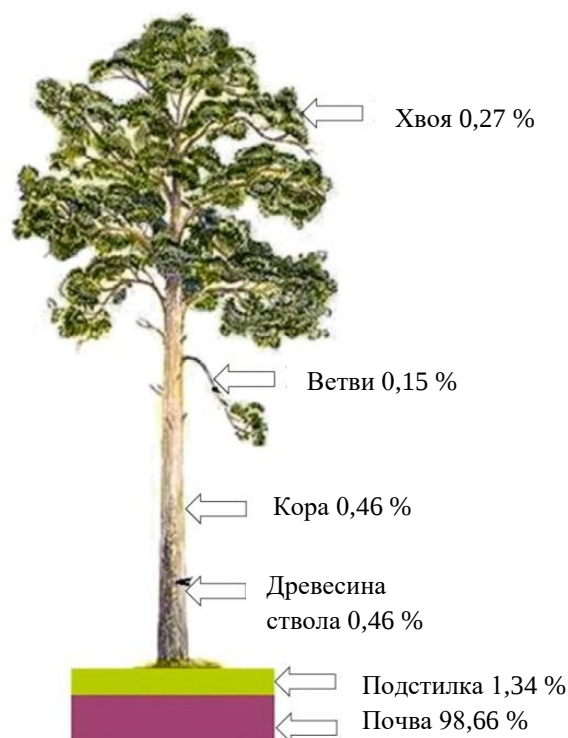


Рис. 2. Распределение ^{137}Cs в частях сосны и почве. Пробы взяты в ЗО (10 и 20 км к югу от ЧАЭС) [7]

Для ликвидаторов наиболее радиационно опасны низовые лесные пожары ЗО ЧАЭС, т. к. субмикронные аэрозоли, содержащие ^{137}Cs , долго остаются в атмосфере и могут переносить его на значительные расстояния. 10-кратное снижение концентрации радиоактивных аэрозолей в дымовом шлейфе наблюдалось на расстоянии более 2 км от фронта пожара [8].

С. И. Воронов с соавторами выяснил, что леса Брянской области существенно загрязнены ^{137}Cs . При этом более 40 % пострадавших лесов относятся к зоне радиационного загрязнения (ЗРЗ) с плотностью радиоактивного загрязнения почвы ^{137}Cs более 5 Ки/км². Из них на 16 % зафиксирован показатель 15–40 Ки/км² и больше, в отдельных кварталах — до 200 Ки/км².

В юго-западных районах Брянской области преобладают леса 1–3-го классов (по классификации природной пожарной опасности¹¹) [9].

В соответствии с законом¹², с 1991 года на территории Брянской области установлено четыре типа зон по опасности радиации:

- зона отчуждения (ЗОТЧ);
- зона отселения (ЗОТС);
- зона проживания с правом на отселение (ЗПО);
- зона проживания с льготным социально-экономическим статусом (ЗЛС).

ЗОТЧ характеризуется плотностью радиоактивного загрязнения ^{137}Cs более 40 Ки/км², ЗОТС — более 15 Ки/км², ЗПО — от 5 до 15 Ки/км², ЗЛС — от 1 до 5 Ки/км².

По данным Российского национального доклада, в 2020 году на РЗТ Брянской области площади лесов составили 226,9 тыс. га, в том числе:

- ЗЛС — 127 тыс. га;
- ЗПО — 84,2 тыс. га;
- ЗОТС — 14,9 тыс. га;
- ЗОТЧ — 0,8 тыс. га [10].

На рис. 3 представлен прогноз загрязнения ^{137}Cs территории Брянской области к 2026 году.

¹¹ Классификация природной пожарной опасности лесов и классификация пожарной опасности в лесах в зависимости от условий погоды / Федеральное агентство лесного хозяйства // ivo.garant.ru: [сайт]. URL: <http://ivo.garant.ru/#/document/12189021/paragraph/9:0> (дата обращения: 06.09.2022).

¹² О социальной защите граждан, подвергшихся воздействию радиации вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС : Закон РСФСР от 15.05.1991 № 1244-1 / Верховный Совет РСФСР // garant.ru: [сайт]. URL: <https://base.garant.ru/185213/> (дата обращения: 06.09.2022).

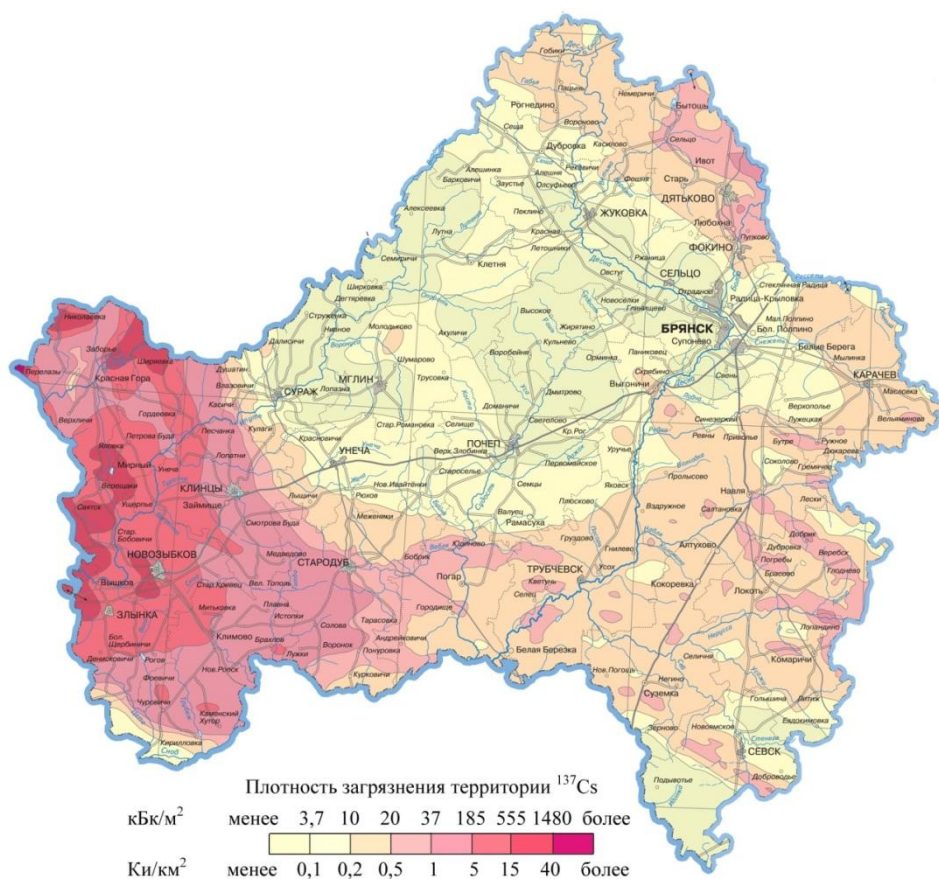


Рис. 3. Карта загрязнения ^{137}Cs территории Брянской области согласно Атласу последствий аварии на ЧАЭС (прогноз на 2026 год)

Наиболее радиоактивно загрязненные районы: Гордеевский, Злынковский, Клиновский, Красногорский и Новозыбковский — расположены в ЗРЗ Брянской области и в общей сложности занимают 14,3 % территории региона. На этой площади находятся 329 населенных пунктов (рис. 4) [11].

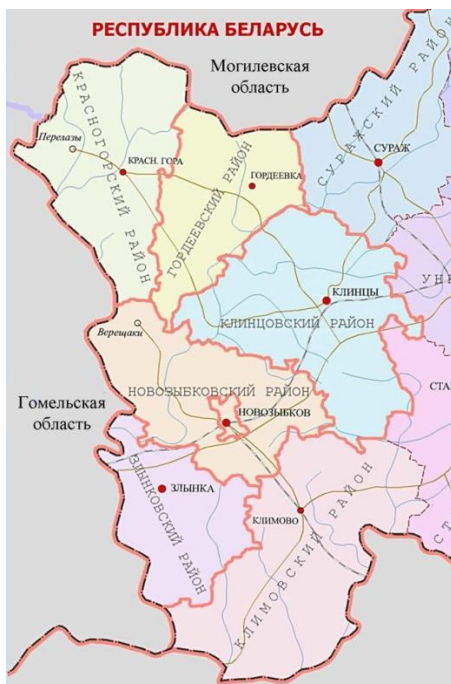


Рис. 4. Юго-запад Брянской области. Административные муниципальные образования на РЗТ¹³

¹³ Районы Брянской области на карте с границами // maps-rf.ru : [сайт]. URL: <https://maps-rf.ru/brjanskaja-oblast/rajony.php?ysclid=15p8uis5n9622087709> (дата обращения: 06.09.2022). <https://www.bps-journal.ru>

В [9] представлен аналогичный прогноз на 2046 год. Данные касаются четырех ЗРЗ наиболее загрязненных участков Брянской области. Измерялось содержания ^{137}Cs в лесной подстилке. Исследователи подтвердили значительное загрязнение, особенно в Красногорском районе и Новозыбковском городском округе. Точные цифры приводятся ниже.

- Гордеевский р-н: ЗЛС — 3,932 кБк/кг; ЗПО — 9,43 кБк/кг; ЗОТС — 18,1 кБк/кг.
- Злынковский р-н: ЗЛС — 4,24 кБк/кг; ЗПО — 8,67 кБк/кг.
- Красногорский р-н: ЗЛС — 3,1 кБк/кг; ЗПО — 9,25 кБк/кг; ЗОТС — 26,6 кБк/кг; ЗОТЧ — 81,49.
- Новозыбковский городской округ: ЗЛС — 4,58 кБк/кг; ЗПО — 9,34 кБк/кг; ЗОТС — 21,48 кБк/кг.

Отметим, что одна из причин торфяных пожаров — заболачивание РЗТ Брянской области.

По официальным данным¹⁴, в пожароопасном сезоне 2020 года в Брянской области зарегистрировано 175 лесных пожаров на общей площади 1351,49 га. На территории Брянской области учтено 1449 торфяных болот площадью 77,2 тыс. га. Почти 90 % болот занимают площади до 100 га, 11 — более 1 тыс. га. Самые крупные расположены в пойме р. Нерусса (7 462 га, Брасовский р-н) и Кожановском (6 984 га, Красногорский район).

В¹⁵ отмечено, что при торфяном пожаре аэрозоли, содержащие ^{137}Cs , не распространяются далее 500 м от очага возгорания, поэтому не представляют опасности для жителей близлежащих населенных пунктов. Однако результаты работы [12] свидетельствуют о том, что горящий торфяник — самый мощный и длительно действующий источник радиоактивного загрязнения. Поэтому важно предупреждать торфяные и лесные пожары. Это позволит сократить перенос радионуклидов и выбросы радиоактивных дымов.

Экспедиционные обследования радиоактивно загрязненных территорий юго-западных районов Брянской области. В 2019 году проводились экспедиционные обследования в лесах и на торфяниках приграничных территорий Брянской области. Изучалось влияние лесных и торфяных пожаров на здоровье населения РЗТ. Замеры выполняли с помощью передвижной радиометрической лаборатории (ПРЛ)¹⁶.

Маршрут обследований (рис. 5) выбирался исходя из данных о максимальном уровне радиоактивного загрязнения.

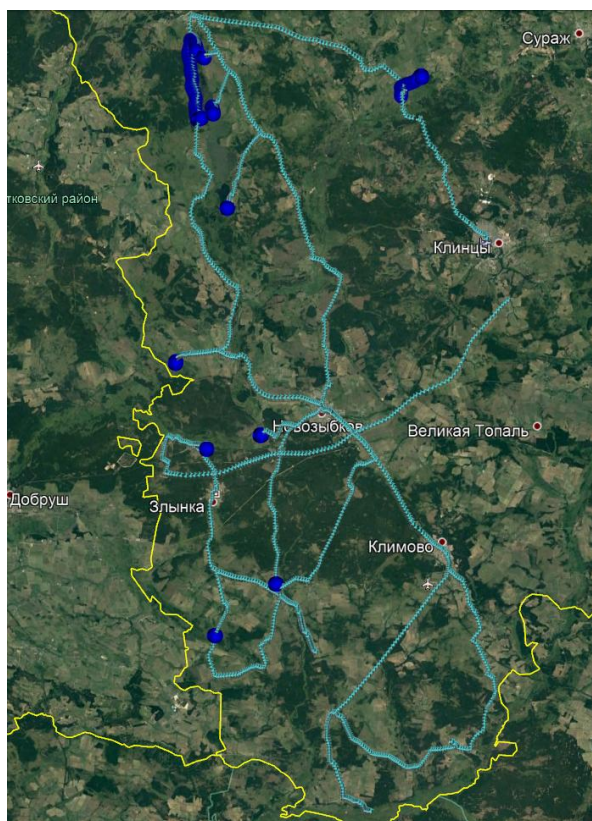


Рис. 5. Карта маршрута радиационного обследования

¹⁴ Цублова Е. Г., Лукашов С. В. Природные ресурсы и окружающая среда Брянской области. Годовой доклад об экологической ситуации в Брянской области в 2020 г. Брянск, 2021. С. 251. URL: http://www.kpl32.ru/in_doc/20210616_21856_gosdoklad_2020.pdf (дата обращения: 06.09.2022).

¹⁵ Кузьменкова Н. В., Рожкова А. К., Воробьева Т. А. Радиоэкологическая оценка воздействия торфяных пожаров на окружающую среду в зоне отселения Брянской области

¹⁶ Проектирование автоматизированной системы мониторинга чрезвычайных ситуаций с радиационным фактором на радиоактивно загрязненных вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС территориях государств — участников Союзного государства (АС КРО): отчет о НИР / АНО ЦАБ ИБРАЭ РАН; рук. С. Л. Гаврилов. М., 2019, 380 с. № ГР АААА-Б20-220013090244-3.

<https://www.bps-journal.ru>

Во время движения ПРЛ по районам, наиболее загрязненным радионуклидами, установка «Гамма-сенсор» вела непрерывную гамма-съемку. Измерялась мощность амбиентного эквивалента дозы (МАЭД) гамма-излучения. Замеры выполнены в 2 757 точках.

Для обнаружения источников ионизирующего излучения с идентификацией радионуклидов использовался спектрометр МКС-АТ6101С, а для подтверждения данных радиационной обстановки — дозиметр-радиометр ДКС-96.

Во всех точках полевых измерений МАЭД гамма-излучения не превышала 1,2 мкЗв/ч (при среднем значении 0,2–0,3 мкЗв/ч). Это согласуется с данными Атласа последствий аварии на ЧАЭС (0,1–0,3 мкЗв/ч).

Для замеров на болотах Кожановское, Белимово, Чайное и Оболёшево задействовали установку Becquerel Monitor LB 200 производства Berthold technologies. Полевые измерения не выявили следов ^{137}Cs на глубине более 40 см.

Наибольшая активность ^{137}Cs наблюдалась в верхнем (0–4 см) слое почвы (до 65 %). Это согласуется с результатами, полученными белорусскими учеными (41–76 % [1]).

Для уточнения радиационной обстановки в юго-западных районах Брянской области методом полевой гамма-спектрометрии провели радиационные обследования в трех районах со средним уровнем МАЭД более 0,6 мкЗв/ч (Новозыбковский, Злынковский и Красногорский). Результаты сведены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты полевой гамма-спектрометрии, ^{137}Cs

Точка измерения (населенный пункт)	Измеренное значение		Данные Атласа последствий аварии на ЧАЭС, кБк/м ² (Ки/км ²)
	Бк/см ²	кБк/м ²	
с. Перевоз (Новозыбковский р-н)	45,7	457	555–1480 (15–40)
пгт Вышков (Злынковский р-н)	96,8	968	555–1480 (15–40)
с. Великоудёбное (Красногорский р-н)	32,2	322	185–555 (5–15)

В эксперименте использовался сцинтилляционный гамма-спектрометр МКС-АТ6101С. Аппарат устанавливали на треногу таким образом, чтобы между поверхностью земли и центром регистрации кристалла сцинтиллятора было расстояние 1 метр. Для учета распределения активности по глубине при расчетах поверхностной активности в месте проведения измерений отбирали несколько кернов грунта. Полученные результаты сопоставимы с данными Атласа последствий аварии на ЧАЭС.

Оценка возможного радиоактивного загрязнения при лесном пожаре. С учетом данных об активности ^{137}Cs на РЗТ Брянской области рассматривалась возможность потенциального радиоактивного загрязнения в случае лесного пожара. Для оценочного расчета выбрали точку возгорания в лесу в районе пгт Вышков (географические координаты 52°28'45"N, 31°42'39"E).

В качестве граничных условий установили следующие параметры:

– характеристики лесного пожара (тип пожара — низовой, класс горимости леса — лиственный лес, продолжительность пожара — 24 часа, класс пожарной опасности погоды — V, т. е. чрезвычайная пожарная опасность);

– метеоусловия на момент возникновения лесного пожара (направление ветра — 90° — по азимуту; скорость — 10 м/с).

Выполнен расчет в программной среде САУР АИУС РСЧС 2030 для гипотетически произошедшего лесного пожара 14.11.2019 00:00. На условную дату 15.11.2019 и время 00:00 получены следующие результаты:

- площадь выгоревшего леса — 3,7 га;
- периметр пожара — 0,7 км;
- площадь зоны задымления — 1 437,6 га;
- площадь зоны радиоактивного загрязнения — 348,0 га;
- количество людей, пострадавших в результате пожара, — 33 человека;
- число жертв — до 1 человека.

В результате такого пожара плотность радиоактивного загрязнения местности может вырасти на 5–10 % (от исходной). Увеличение дозовой нагрузки при данном одиночном случае не приведет к значимым последствиям для населения. Однако череда пожаров потенциально опасна. Она может ухудшить ситуацию на приграничных территориях с фоновым загрязнением.

Во время экспедиции выяснилось, что водные преграды (реки, озера) на РЗТ Брянской области затрудняют доступ наземных мобильных средств радиационного контроля к лесам прибрежной полосы. В этом случае наиболее эффективны:

- дистанционные средства радиационного контроля на базе БПЛА (обнаружение очагов возгорания)¹⁷ [13];
- надводные средства радиационного контроля (радиационная разведка и уточнение данных радиационного контроля).

Беспилотные летательные аппараты — обязательный инструмент в борьбе с лесными пожарами. Особенно важны тепловизионные изображения, так как они передают вид местности с высоты птичьего полета и помогают определить направление распространения огня. Это позволяет пожарным оперативно принимать решение о том, куда должны двигаться экипажи и кого следует эвакуировать.

Обсуждение и заключения. Итоги научных и экспедиционных изысканий позволяют сделать ряд утверждений. В очаге пожара на радиационно загрязненной территории содержание радиоактивных аэрозолей в дымовом шлейфе может на порядки превышать допустимые значения, поэтому пожарные рискуют получить недопустимо высокую ингаляционную дозу облучения.

Отметим, что радиационная обстановка в лесах РЗТ Брянской области изменяется крайне медленно. Наиболее опасна лесная подстилка. На нее приходится более 70 % общего запаса ¹³⁷Cs в лесных горючих материалах. ¹³⁷Cs активен в лесной подстилке и в верхнем слое (до 40 см) торфяников, поэтому лесные и торфяные пожары создают риск переноса радионуклидов в близлежащие населенные пункты. Такая угроза сохранится в ближайшие годы.

Экспедиционные обследования с ПРЛ показали, что во всех точках полевых измерений МАЭД не превышает 1,2 мкЗв/ч. Средняя МАЭД (0,2–0,3 мкЗв/ч) соответствует данным Атласа последствий аварии на ЧАЭС. Такая доза не опасна для здоровья населения РЗТ Брянской области. Тем не менее частые возгорания существенно повышают вероятность переноса активного ¹³⁷Cs на жилые территории. В этом смысле актуален своевременный мониторинг и прогнозирование пожаров.

Авторы сформулировали предложения по совершенствованию технической и технологической составляющих решения рассмотренной проблемы.

1. Для уточнения радиационной обстановки необходимо использовать автомобили повышенной проходимости. Их следует оборудовать:

- средствами регистрации радиационной обстановки;
- программно-аппаратным комплексом для автоматического сбора, анализа информации и ее фиксации в базы данных.

Это позволит при крупном пожаре оперативно уточнить радиационную обстановку. Прогностические модели и электронные базы данных радиоактивного загрязнения дают возможность оптимизировать маршруты спецтехники. Такая навигация будет базироваться на результатах прошлых измерений активности ¹³⁷Cs и актуальных данных, уточненных по итогам текущего маршрута.

2. Обеспечить надежную сотовую связь между всеми подразделениями оперативного реагирования в зоне чрезвычайной ситуации.

Дальнейшие исследования ориентированы на создание быстроразвертываемых модулей контроля радиационной обстановки и мобильных комплексов аэрогаммасъемки с применением БПЛА в зоне ЧС. Новое измерительное оборудование и программное обеспечение позволят определять в реальном масштабе времени характеристики радиационных полей с геопривязкой.

Список литературы

1. Potential threat to human health during forest fires in the Belarusian exclusion zone / A. A. Dvornik, A. M. Dvornik, R. A. Korol [et al.] // *Aerosol Science and Technology*. — 2018. — Vol. 52, iss. 8. — P. 923–932. <https://doi.org/10.1080/02786826.2018.1482408>
2. Сарасеко, Е. Г. Ликвидация лесных пожаров на почвах различных типов / Е. Г. Сарасеко, В. Ф. Тимошков, Е. И. Дегтярева // *Вестник Могилевского государственного университета им. А. А. Куляшова. Серия В. Естественные науки: математика, физика, биология* — 2020. — № 2 (56). — С. 86–98.
3. Formation of Radioactive Aerosol Particles During the Wildland Fires in Chernobyl Zone and their Radioecological Impact / Y. Yoschenko, V. Kashparov, S. Levchuk [et al.] // *Radioactive Particles in the Environment*. — 2009. — P. 69–89. https://doi.org/10.1007/978-90-481-2949-2_4

¹⁷ Воронов С. И. Комплексная система мониторинга за состоянием защиты населения на радиоактивно загрязненных территориях // *Радиоэкологические последствия радиационных аварий: к 35-й годовщине аварии на ЧАЭС : мат-лы междунар. науч.-практ. конф. Обнинск, 2021. С. 175–177.* <https://www.bps-journal.ru>

4. Mapping of forest fire hazard depending on weather conditions using geoinformation technologies / A. A. Dvornik, A. M. Dvornik, R. S. Kurilenko [et al.] // Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Biological series. — 2021. — Vol. 66, No. 3. — P. 320–332. <https://doi.org/10.29235/1029-8940-2021-66-3-320-332>
5. Simulation study of radionuclide atmospheric transport after wildland fires in the Chernobyl Exclusion Zone in April 2020 / M. Talerko, I. Kovalets, T. Lev. [et al.] // Atmospheric Pollution Research. — 2021. — Vol. 12 (79), iss. 3. — P. 193–204. <https://doi.org/10.1016/j.apr.2021.01.010>
6. The assessment of the April 2020 Chernobyl wildfires and their impact on ¹³⁷Cs levels in Belgium and The Netherlands / P. De Meutter, Ch. Gueibe, J. Tomas [et al.] // Journal of Environmental Radioactivity. — 2021. — Vol. 237. — Art. 06688. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2021.106688>
7. Боровой, А. А. Чернобыль. Опасность лесных пожаров / А. А. Боровой, С. Л. Гаврилов, В. А. Хвощинский // Пожарная безопасность. — 2022. — № 3 (108). — С. 37–43. <https://doi.org/10.37657/vniipo.pb.2022.65.89.003>
8. Пазухин, Э. М. Лесной пожар как фактор перераспределения радионуклидов чернобыльского генезиса в окружающей среде / Э. М. Пазухин, А. А. Боровой, Б. И. Огородников // Радиохимия. — 2004. — Т. 46, № 1. — С. 93–96.
9. Марченко, Т. А. Ретроспективное и современное состояние лесных территорий приграничных районов Брянской области, подвергшихся радиоактивному загрязнению / Т. А. Марченко, А. И. Радин, А. Н. Раздайковин // Радиационная гигиена. — 2020. — Т. 13, № 2. — С. 6–18. <https://doi.org/10.21514/1998-426X-2020-13-2-6-18>
10. Российский национальный доклад: 35 лет чернобыльской аварии. Итоги и перспективы преодоления ее последствий в России. 1986–2021 / Под общ. ред. Л. А. Большова. — Москва : Академ-Принт, 2021. — 104 с.
11. Скоробогатов, А. М. Влияние режима зон радиоактивного загрязнения на состояние муниципальных образований (на примере Брянской области) / А. М. Скоробогатов, О. Н. Апанасюк, Т. А. Буланцева // Региональные исследования. — 2021. — № 4 (74). — С. 89–103. <https://doi.org/10.5922/1994-5280-2021-4-7>
12. Dusha-Gudym, S. I. Transport of radioactive materials by wildland fires in the Chernobyl accident zone: how to address the problem / S. I. Dusha-Gudym // International forest fire news. — 2005. — № 32. — P. 119–125.
13. Гаврилов, С. Л. Опыт использования беспилотных летательных аппаратов для проведения аэрогаммасъемки территорий / С. Л. Гаврилов, А. Е. Пименов, А. М. Шведов [и др.] // Аппаратура и новости радиационных измерений. — 2022. — № 3 (110). — С. 3–11. <https://doi.org/10.37414/2075-1338-2022-110-3-3-11>

Поступила в редакцию 10.12.2022.

Поступила после рецензирования 29.12.2022.

Принята к публикации 16.01.2023.

Об авторах

Апанасюк Олег Николаевич, заведующий лабораторией развития целевых программ комплексной безопасности и защиты населения, Институт проблем безопасного развития атомной энергетики Российской академии наук (115191, РФ, г. Москва, ул. Большая Тульская, 52), [ORCID](https://orcid.org/0000-0001-9152-9152), aon@ibrae.ac.ru

Гаврилов Сергей Львович, заведующий отделением научно-технических проблем развития комплексных систем, Институт проблем безопасного развития атомной энергетики Российской академии наук (115191, РФ, г. Москва, ул. Большая Тульская, 52), [ORCID](https://orcid.org/0000-0001-9152-9152), gav@ibrae.ac.ru

Шикин Сергей Александрович, заведующий отделом разработки и развития комплексных систем радиационного мониторинга, Институт проблем безопасного развития атомной энергетики Российской академии наук (115191, РФ, г. Москва, ул. Большая Тульская, 52), [ORCID](https://orcid.org/0000-0001-9152-9152), shickin@ibrae.ac.ru

Пименов Артем Евгеньевич, заведующий лабораторией перспективных методов мониторинга радиационной обстановки, Институт проблем безопасного развития атомной энергетики Российской академии наук (115191, РФ, г. Москва, ул. Большая Тульская, 52), [ORCID](https://orcid.org/0000-0001-9152-9152), artisl@ibrae.ac.ru

Заявленный вклад авторов

О. Н. Апанасюк — формирование основной концепции, обобщение и анализ результатов исследований, подготовка текста, формулирование выводов. С. Л. Гаврилов — научное руководство, проведение экспедиционных обследований и расчетов, доработка текста, корректировка выводов. С. А. Шикин — проведение экспедиционных обследований, анализ результатов, доработка текста. А. Е. Пименов — проведение экспедиционных обследований, анализ результатов, доработка текста.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.