

Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии имени В.Р. Филиппова. 2025.
№ 3 (80). С. 42–52.
Buryat Agrarian Journal. 2025;3(80):42–52.

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО FORESTRY

Научная статья

УДК 614.841.3

doi: 10.34655/bgsha.2025.80.3.005

Исследование зависимости частоты возникновения лесных пожаров от расстояний до дорожной сети и населённых пунктов на примере Заиграевского района Республики Бурятия

А.В. Базаров^{1,2}, Р.С. Сычев^{1,3}, А.С. Семиусова², Г.Ф. Кыркунова²,
И.С. Евдокимова⁴

¹Институт физического материаловедения Сибирского Отделения Российской Академии наук, Улан-Удэ, Россия

²Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени В.Р. Филиппова, Улан-Удэ, Россия

³Рослесинфорг, Бурятский филиал, Улан-Удэ, Россия

⁴Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления, Улан-Удэ, Россия

Автор, ответственный за переписку, Базаров Александр Владимирович,
alebazaro@gmail.com

Аннотация. Антропогенное влияние на возникновение лесных пожаров увеличивается по мере человеческой доступности до местоположения очагов пожаров. Чем труднодоступнее место, тем меньше антропогенный вклад в причины возгораний. Обычно считается, что количество антропогенных пожаров обратно пропорционально расстоянию до антропогенных объектов. Или голословно утверждается, что антропогенные пожары наблюдаются на каком-то буферном расстоянии от инфраструктуры. В статье исследовано распределение очагов возгораний лесных пожаров от населенных пунктов или дорог статистическими методами на примере Заиграевского района Республики Бурятия. Обычно в статистических исследованиях причин возникновения лесных пожаров совокупность доступных авторам факторов раскладываются на группы множеств, после чего оценивается вклад каждого предиктора в возникновение лесной пожарной опасности. То есть, по сути, все эти модели аддитивны, а их общий вклад осуществляется принципом суперпозиции. Таким образом, в данной работе рассматриваются только факторы расстояний как одни из множеств индикаторов определения мест потенциальных возгораний. Другие факторы, такие как метеоусловия, таксация, землепользование и др. в данной работе не рассматриваются. Все исследования проведены геоинформационными методами. Показано, что в исследуемом регионе распределение количества термоточек по мере отдаления от дорог или населенных пунктов подчиняется скорее распределению Пуассона с переменным параметром.

Ключевые слова: лесные пожары, антропогенное влияние, дороги, населённые пункты, расстояние, геоинформационные методы, статистическое распределение.

Благодарности. Работа выполнена в рамках гранта Правительства Республики Бурятия 1.1.9(3)-162-2025 «Развитие методов предупреждения лесных пожаров на территории Республики Бурятия», проект «Разработка интеллектуальной системы построения карты рисков возникновения лесных пожаров на территории Республики Бурятия на основе машинного обучения и графовых нейронных сетей с объединением пространственной и временной информации».

Original article

Study of dependence of forest fire occurrence frequency on distances to road network and settlements on the example of Zaigraevsky district, the Republic of Buryatia

Aleksandr V. Bazarov^{1,2}, Roman S. Sychev^{1,3}, Alena S. Semiusova², Galina F. Kyrkunova², Inga S. Evdokimova⁴

¹Institute of Physical Materials Science, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Ulan-Ude, Russia

²Buryat State Academy of Agriculture named after V.R. Philippov, Ulan-Ude, Russia

³Roslesinforg, Buryat branch, Ulan-Ude, Russia

⁴East Siberian State University of Technology and Management, Ulan-Ude, Russia

Corresponding author: Aleksandr V. Bazarov, alebazaro@gmail.com

Abstract. The anthropogenic impact on the forest fires occurrence increases with human accessibility to the location of points of fire outbreaks. The more inaccessible the place is, the less it is believed to be the anthropogenic contribution to the causes of fires. It is usually believed that the number of anthropogenic fires is inversely proportional to the distance to anthropogenic objects. Or it is stated without proof that anthropogenic fires are observed at some buffer distance from the infrastructure only. The article studies the forest fire outbreaks distribution from settlements or roads using statistical methods, using the example of the Zaigraevsky district of the Republic of Buryatia. Usually, in statistical studies of the forest fires causes, the set of factors available to the authors is arranged into groups of sets, after which the contribution of each predictor to the forest fire occurrence hazard is estimated. That is, all these models are additive, and their total contribution is realized by the principle of superposition. Thus, in the article, only factors of distance are studied as one of the sets of indicators to determine the locations of potential fires. Other factors such as weather conditions, taxation, land use, etc. are not studied in this paper. All studies were conducted using geographic and information methods. It is shown that in the studied area, the distribution of the number of the burning fire sites as they move away from roads or settlements is more likely to follow the Poisson distribution with a variable parameter.

Keywords: forest fires, anthropogenic impact, roads, settlements, distance, geographic and information methods, statistical distribution.

Acknowledgments: The work was supported by the grant of the Government of the Republic of Buryatia 1.1.9(3)-162-2025 “Development of methods for preventing forest fires in the Republic of Buryatia”, the project “Development of an intelligent system for constructing a map of the forest fires risks in the Republic of Buryatia based on machine learning and graph neural networks with the combination of spatial and temporal information”.

Введение. Лесные пожары происходят в результате взаимодействия человеческой деятельности и природных процессов. К природным факторам относят обычно возгорания от молний [1]. Антропогенные пожары возникают в пределах

человеческой доступности, которая часто характеризуется близостью от населённых пунктов [2-4] или автомобильных дорог [5, 6]. Эти переменные можно исполь-

зовать для пространственного анализа [7] и использовать в ГИС [8].

Обычно считается, что зависимость очагов лесных пожаров от антропогенного воздействия выражается как обратно пропорциональная расстоянию от объектов инфраструктуры [9]:

$$N \sim \frac{1}{R'} \quad (1)$$

то есть, количество пожаров уменьшается по мере удаления от антропогенных скоплений. Эта зависимость представляется весьма упрощенной. В принципе, вполне очевидно, что с увеличением расстояния от мест возможного скопления людей количество возгораний природной среды убывает. Однако более детальный анализ не демонстрирует ярко выраженную линейную зависимость. Большое количество работ [10-13] рассматривает статистическое моделирование условий возникновения пожаров как набор предикторов и оценкой вклада (например,

в процентах) каждого набора показателей в тот или иной момент времени относительно метеообстановки. Исходя из этого, рассмотрим разные категории наборов данных по отдельности. В этой статье обсудим наборы данных расстояний от инфраструктурных объектов, под которыми здесь понимаем полигоны населённых пунктов и линейные объекты автомобильных дорог. По мере увеличения количества наборов данных в последующих работах будем рассматривать их в совокупности.

Регион и методы исследования.

Заиграевский район находится в центральной части Бурятии (рис. 1) и включает элементы следующих лесничеств (рис. 2): в центральной части – Заиграевское; Хандагатайское лесничество; на севере – Прибайкальское, Кикинское; на западе – Улан-Удэнское; на востоке – Верхне-Талецкое и на юго-западе – Заудинское лесничество.

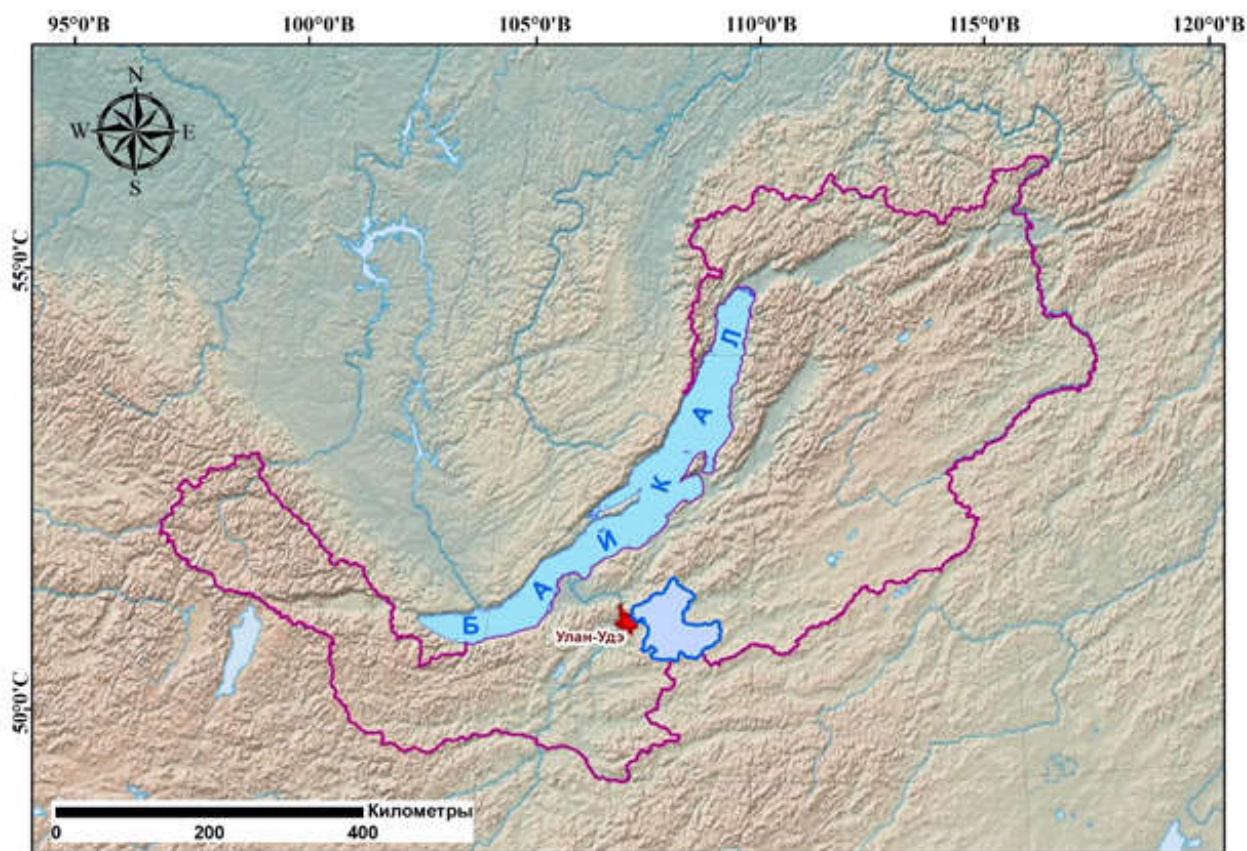


Рисунок 1. Местоположение Заиграевского района

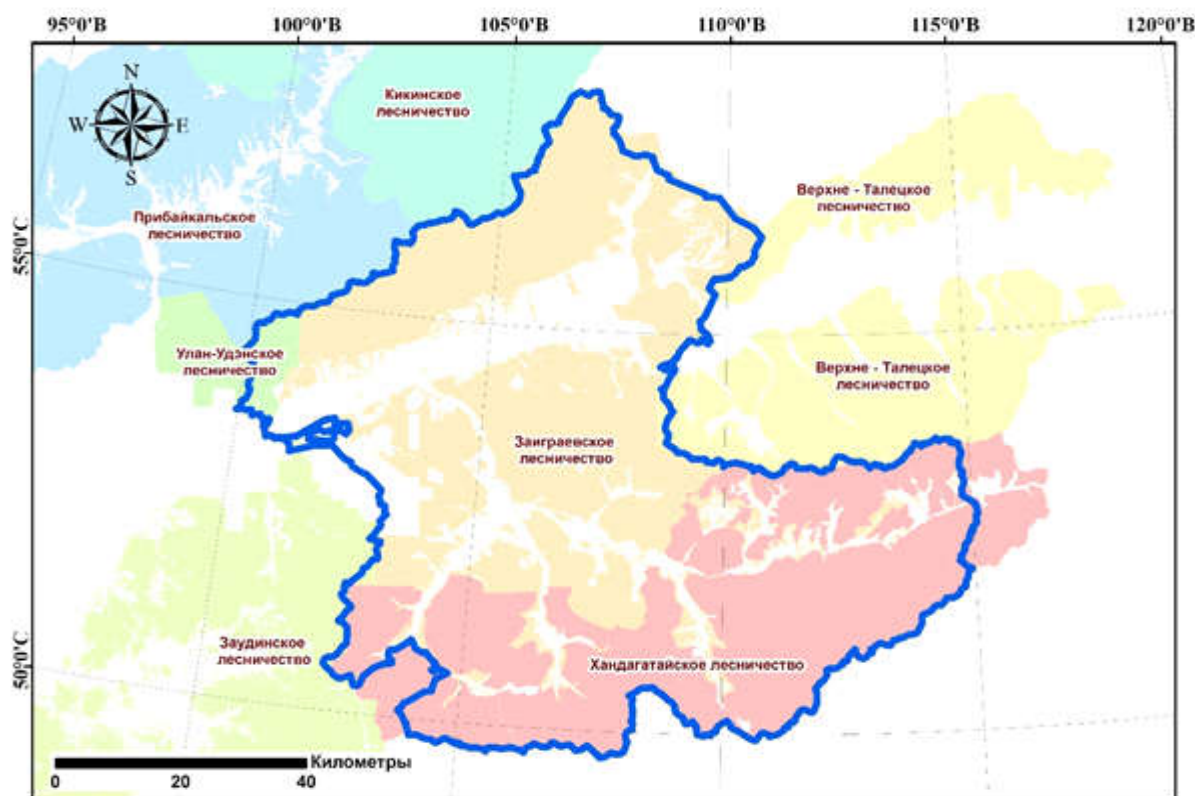


Рисунок 2. Лесничества в составе Заиграевского района

Данные по лесным пожарам получены из федеральной государственной Информационной системы дистанционного мониторинга лесных пожаров Федерального агентства лесного хозяйства (ИСДМ-Рослесхоз). Эта система получает оперативную и однородную информацию результатов мониторинга лесных пожаров по всей территории Российской Федерации с 2000 года [14]. Данные дистанционного зондирования Земли оперативно принимаются, обрабатываются и распределяются совместно с НИЦ «Планета», которая является ведущей организацией Росгидромета по обеспечению космического мониторинга в целях решения задач [15] и Центром коллективного пользования системами архивации, обработки и анализа спутниковых данных Института космических исследований РАН (ЦКП «ИКИ-Мониторинг») [16]. Используемые в работе данные ИСДМ-Рослесхоз представляют собой таблицы по лесничествам, содержащие дату и время регистрации возгорания, координаты, расстояние и азимут до центра ближайшего насе-

ленного пункта, площадь и др., включая специальные заметки.

Географические точки возгораний за период с 2000 по 2023 г. были нанесены в ГИС по координатам ИСДМ-Рослесхоз и отфильтрованы по границам Заиграевского района. Геоданные дорожной сети, гидрографии и границ населённых пунктов построены по топокартам масштаба 1:100000. Заиграевский район Республики Бурятия располагается на 14 топографических листах. При помощи ГИС «Панорама» топокарты преобразованы в векторный shp-формат. Данные актуализированы по спутниковым снимкам «Sentinel-2». Рельеф построен по данным проекта Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) [13], который имеет данные о высотах в почти глобальном масштабе для создания наиболее полной цифровой топографической базы данных Земли с высоким разрешением. Все картографические данные обработаны в ГИС: внесены на карту в виде векторных слоев для последующего анализа.

Атрибуты собранных данных внесены

в таблицу на основе таблиц ИСДМ-Рослесхоз. Таким образом, была подкорректирована и сохранена информация ИСДМ по пожарам, в частности, актуализированы границы лесничеств и соответственно верифицированы местоположения точек пожаров по лесничествам. Расстояния до населенных пунктов рассчитаны до границ полигонов, а не до центров, как изначально в ИСДМ. Из собранной базы геоданных отфильтрованы и удалены строки с заметками «Профвыжигание», «Сельхозвыжигания» и «Сжигание порубленных остатков», так как эти пометки относят данные к контролируемым сжиганиям.

Расстояния от очагов диких лесных пожаров до ближайшего населенного пункта или участка дороги рассчитаны методами ГИС-анализа. К населенным пунктам также были отнесены неопознанные группы строений. Таким образом, в формируемую на основе таблиц ИСДМ-Рослесхоз базу геоданных добавлены записи, относящиеся к каждому конкретному ID пожара. Сравнением определен более близкий объект – населенный пункт или

дорога. Сравнение данных проводилось в среде MATLAB.

Таким образом, собрана геоинформационная база данных (ГБД) на основе таблиц ИСДМ-Рослесхоз, массивы записей дополнены расстояниями от каждого очага возгорания лесного пожара до ближайшего населённого пункта и автомобильной дороги. В целом, созданная ГБД, не ограничивается этим набором данных, содержит также геоданные по рельефу, таксации, гидрографии, землепользованию, почвам и др., однако эти данные в данной статье не рассматриваются, так как проанализированы не полностью.

Данные по расстояниям сначала рассчитаны, так как ближайшие дороги или населенные пункты могут находиться за пределами рассматриваемой территории. После того как данные добавлены в ГБД, рассматриваемый полигон обрезан по границам МО Заиграевский район. На рисунках 3 и 4 представлены рассматриваемые геоданные, населённые пункты и дороги в совокупности с точками очагов пожаров соответственно.

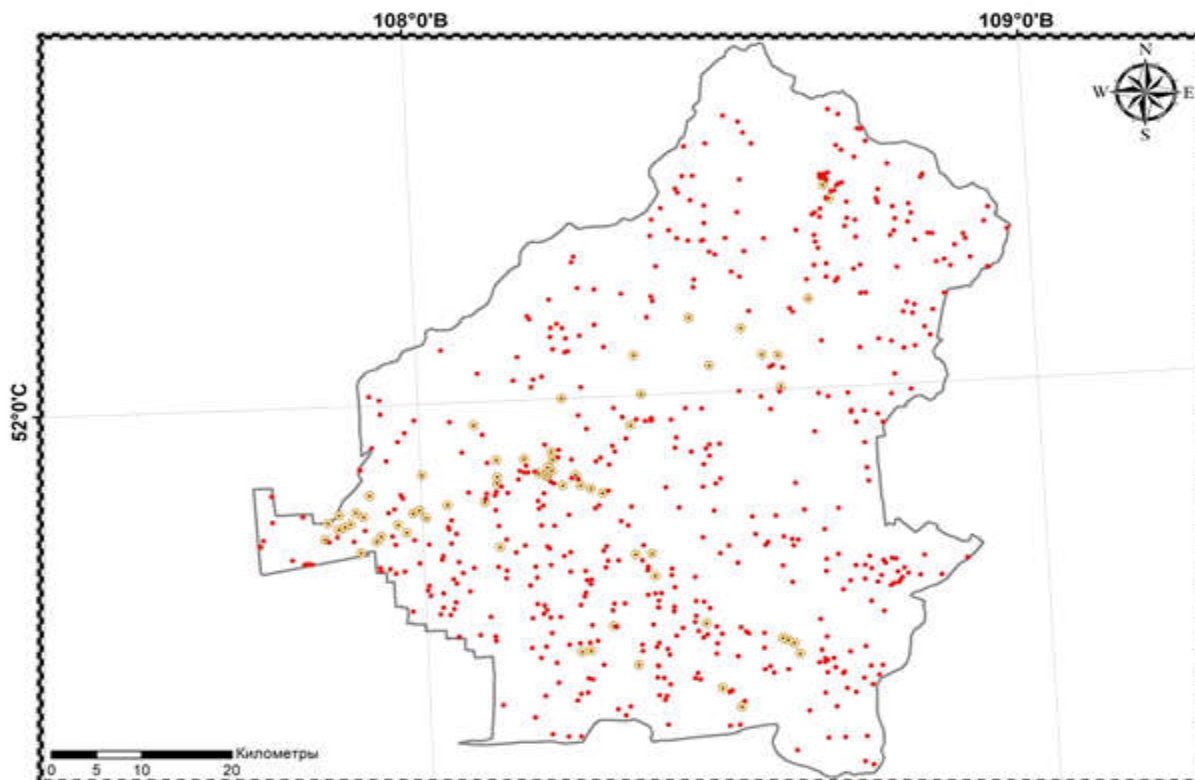


Рисунок 3. Пожары и населенные пункты

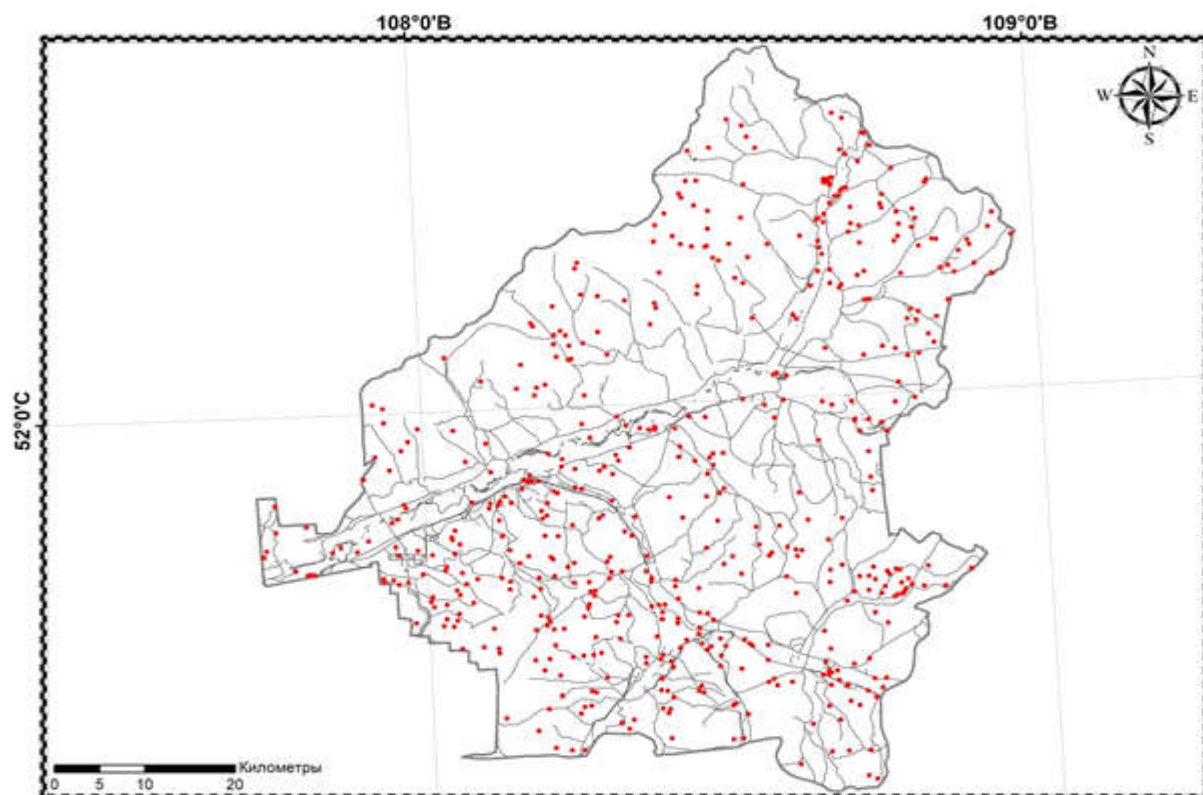


Рисунок 4. Пожары и дороги

На рисунке 5 представлена карта-схема Заиграевского района.

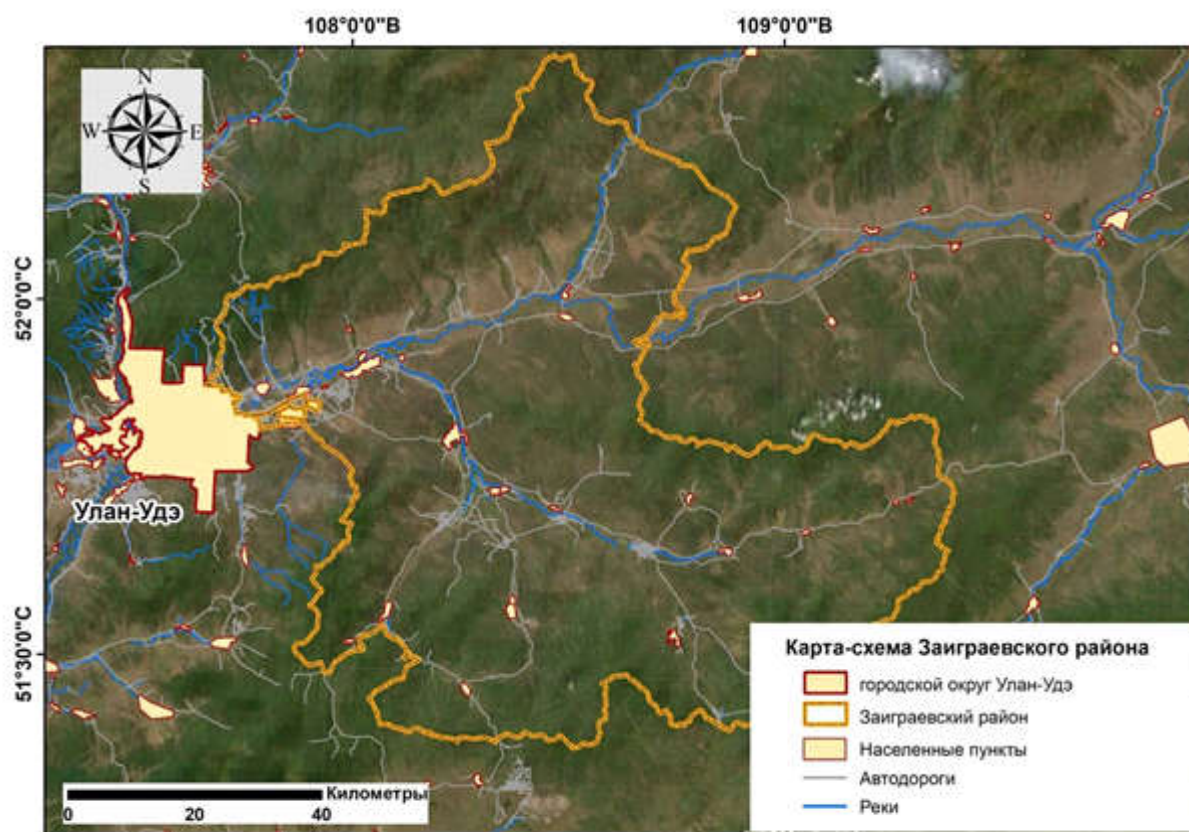


Рисунок 5. Карта-схема Заиграевского района

Результаты. Проведен статистический анализ данных. Построены интервальные ряды распределений количества пожаров по расстоянию. Требования к размерам рангов было такое, чтобы они по возможности уменьшались по мере удаления от объекта инфраструктуры. Всего пожаров за период с 2000 до 2023 года на рассматриваемой территории про-

изошло 1090. Из них вблизи автомобильных дорог различных категорий произошло 1070, недалеко от населенных пунктов – 20. На рисунке 6 приведены гистограммы частот расстояний от указанных объектов инфраструктуры до точек возгораний диких лесных пожаров за весь рассматриваемый период (24 года).

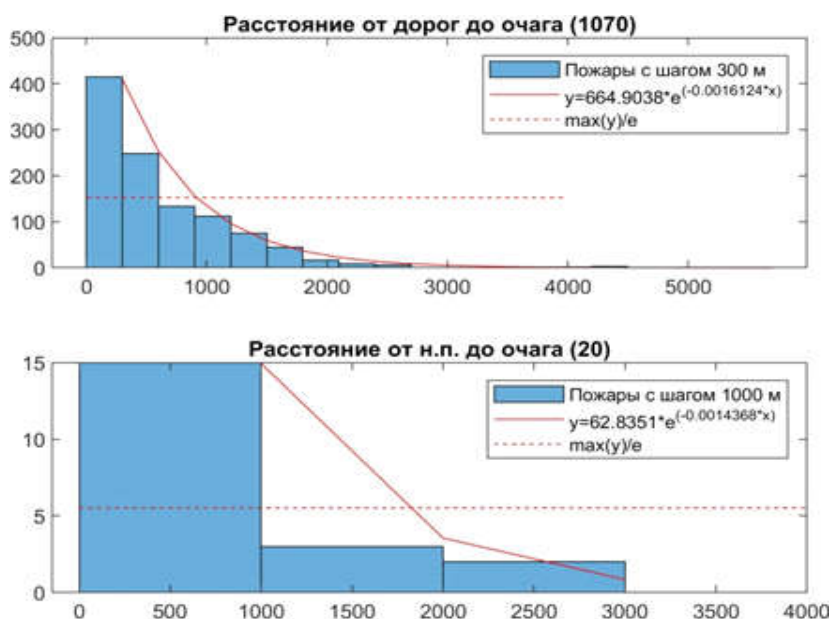


Рисунок 6. Гистограммы частот интервальных вариационных рядов расстояний от дорог и населенных пунктов до очагов возгораний

Интересно рассмотреть данные, рассортированные по годам наблюдений. Так как количество пожаров за весь наблюдаемый период (24 год) составляет только 20 случаев, рассмотрим только интер-

вальные вариационные ряды расстояний от дорог по годам (рис. 7). В скобках рядом с годом указано количество возгораний, зарегистрированных ИСДМ в этом году.

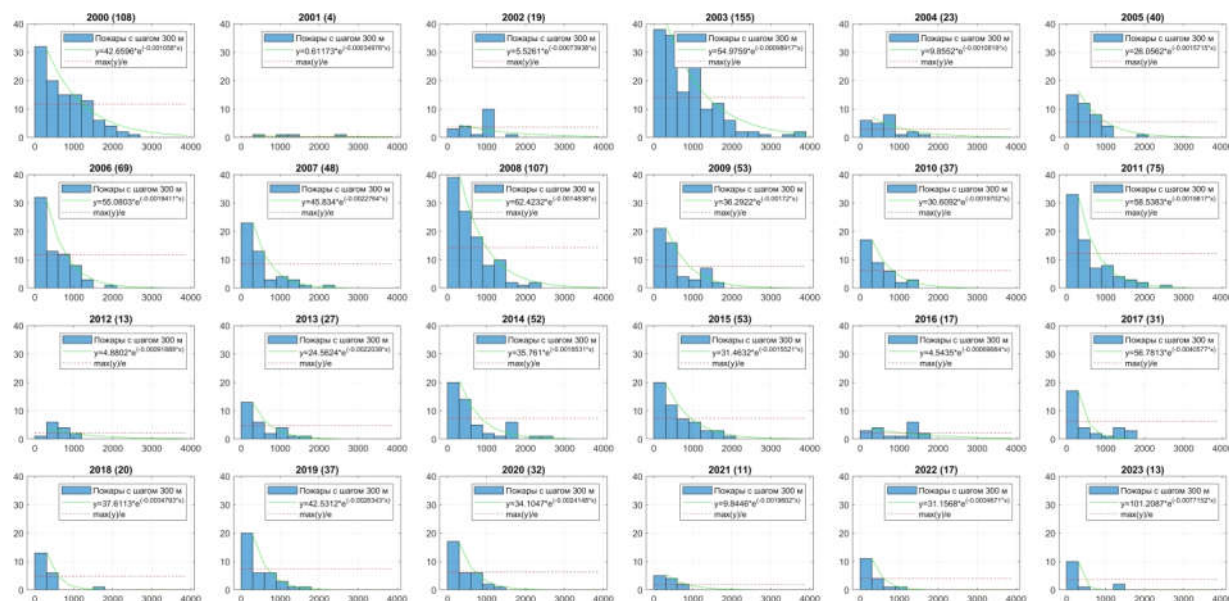


Рисунок 7. Гистограммы расстояний от дорог по годам

Так как изображения на рисунке 7 слишком мелкие, приведем несколько гистограмм с наибольшим количеством по-

жаров в более крупном размере для изучения (рис. 8).

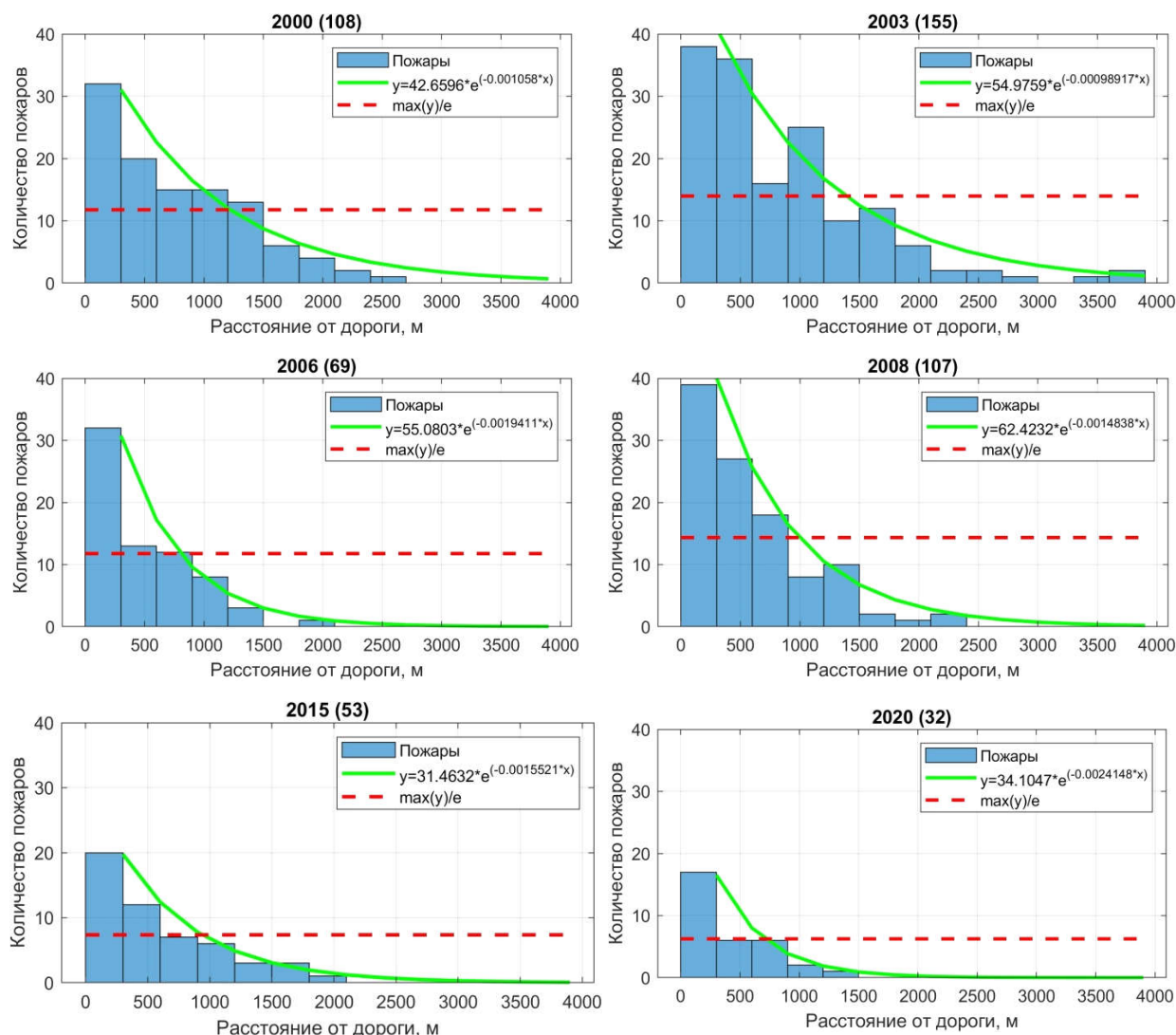


Рисунок 8. Гистограммы расстояний от дорог по наиболее горимым годам

Из приведенных графиков видно, что при достаточно большом количестве пожаров в году шаг интервала везде равен 300 м, а плотности распределения вероятностей данных распределений имеют вид

$$\lambda(x) = \lambda_0 \cdot e^{-\beta x}, \quad (2)$$

где x – это R в выражении (1), то есть расстояние от объекта инфраструктуры, в данном случае – от дороги; λ_0 – базовая интенсивность пожаров вблизи инфраструктуры ($x = 0$), здесь $x = 300$, так как огибающая начинается с правого верхнего угла первого столбика диаграммы; β – коэффициент убывания интенсивности с расстоянием.

Такая плотность распределения характерна для распределения Пуассона с переменным параметром, которая хорошо подходит для описания возникновения пожаров в зависимости от расстояния, так как это распределение дискретного типа случайной величины, представляющей собой число событий, произошедших за фиксированное время, при условии, что данные события происходят независимо друг от друга. Возгорания дискретны и не зависят друг от друга.

Закключение. Показано, что на территории Заиграевского района Республики Бурятия распределение пожаров от дорог обратно пропорционально экспонен-

те в степени R (где R – расстояние), в отличие от общепринятого, когда считается, что количество пожаров обратно пропорционально расстоянию. Таким образом, выявлено, что эта зависимость для данной местности нелинейна. Полученные результаты могут не сработать на других территориях, поэтому необходимы допол-

нительные исследования. Так как временные ряды пожаров ограничены, необходимо, вероятно, идти по пути увеличения территории и подготовки необходимых геоданных для более обширных территорий или большего количества сравнимых площадей (лесничеств или муниципальных образований).

Список источников

1. Грозы и лесные пожары в современных климатических условиях Средней Сибири / В.А. Иванов, Е.И. Пономарев, Г.А. Иванова, А.В. Мальканова // Метеорология и гидрология. 2023. № 7. С. 102–113. doi: 10.52002/0130-2906-2023-7-102-113
2. Marey-Perez M., López-Álvarez Ó., Franco-Vázquez L. Analysis of Trends in the Distance of Wildfires from Built-Up Areas in Spain and California (USA): 2007–2015 // *Forests*. 2024. Vol. 15, No 5. Pp. 2007–2015. doi: 10.3390/f15050788
3. Rezaie F., Panahi M., Bateni S. M., Lee S., Jun C., Trauernicht C., Neale C. M. U. Development of novel optimized deep learning algorithms for wildfire modeling: A case study of Maui, Hawai'i // *Eng. Appl. Artif. Intell.* Elsevier Ltd. 2023. Vol. 125, July. Pp. 106699. doi:10.1016/j.engappai.2023.106699
4. Прогноз развития лесного пожара в зависимости от расстояния до населенного пункта / А.А. Кректунов, А.М. Ерицов, С.В. Залесов, И.М. Секерин // Международный научно-исследовательский журнал. 2022. Т. 121, № 7. С. 167–172. doi: 10.23670/IRJ.2022.121.7.069
5. Лесные пожары и причины их возникновения на территории Средней Сибири / Г.А. Иванова, В.А. Иванов, А.В. Мусохранова, А.А. Онучин // Сибирский лесной журнал. 2023. № 6. С. 6–16. doi: 10.15372/SJFS20230602
6. Глаголев В.А. Оценка и прогноз возникновения пожаров растительности на территории Еврейской автономной области : специальность 25.00.36 «Геоэкология (науки о Земле)» : дис.... канд. географ. наук / Институт водных и экологических проблем ДВО РАН. Хабаровск, 2015. 147 с. http://iver.as.khb.ru/5_Disert%20sovet/Doc_Zasch/2015/Глаголев/Диссертация%20Глаголев%2010.02.2015%20публикация.pdf
7. Badia A., Serra P., Modugno S. Identifying dynamics of fire ignition probabilities in two representative Mediterranean wildland-urban interface areas // *Appl. Geogr.* Elsevier Ltd. 2011. Vol. 31, No 3. Pp. 930–940. doi:10.1016/j.apgeog.2011.01.016
8. Development of a framework for fire risk assessment using remote sensing and geographic information system technologies / E. Chuvieco, I. Aguado, M. Yebra [et al] // *Ecol. Modell.* 2010. Vol. 221, No 1. Pp. 46–58. doi: 10.1016/j.ecolmodel.2008.11.017
9. Toledo-Jaime C., Díaz-Avalos C., Chaudhuri S., Serra L., Juan P. Understanding wildfire occurrence and size in Jalisco, Mexico: A spatio-temporal analysis // *For. Ecol. Manage.* Elsevier B.V. 2024. Vol. 573, No 10. Pp. 122349. doi: 10.1016/j.foreco.2024.122349
10. Developing and testing models of the drivers of anthropogenic and lightning-caused wildfire ignitions in south-eastern Australia / H. Clarke, R. Gibson, B. Cirulis, R.A. Bradstock, T.D. Penman // *J. Environ. Manage.* Elsevier. 2019. Vol. 235, January. Pp. 34–41. doi:10.1016/j.jenvman.2019.01.055
11. Modeling anthropogenic and natural fire ignitions in an inner-Alpine valley / G. Vacchiano, C. Foderi, R. Berretti, E. Marchi, R. Motta // *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.* 2018. Vol. 18, No 3. Pp. 935–948. doi: 10.5194/nhess-18-935-2018
12. Improvement of human-induced wildfire occurrence modeling from a spatial variation of anthropogenic ignition factor in the CLM5 / L. Cai, W. Shi, Li Shi [et al] // *Environ. Res. Lett.* 2023. Vol. 18, No 9. Pp. 094049. doi: 10.1088/1748-9326/acf1b6
13. Elashiry A.A., Al Khalil O. Vertical Accuracy Assessment for the Free Digital Elevation Models SRTM and ASTER in Various Sloping Areas // *J. Eng. Sci.* 2024. Vol. 52, No 6. Pp. 250–268. doi:10.21608/jesaun.2024.305875.1354
14. ИСДМ-Рослесхоз: 15 лет эксплуатации и развития / Н.А. Ковалев, Е. А. Лупян, И. В. Балашов [и др] // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2020. Т. 17, № 7. С. 283–291. doi: 10.21046/2070-7401-2020-17-7-283-291
15. Современные возможности и перспективы развития Объединённой системы распределённой работы с данными НИЦ «Планета» / М.А. Бурцев, С.А. Успенский, Л.С. Крамарева [и др] // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2019. Т. 16, № 3. С. 198–212. doi: 10.21046/2070-7401-2019-16-3-198-212

16. Опыт эксплуатации и развития центра коллективного пользования системами архивации, обработки и анализа спутниковых данных (ЦКП «ИКИ-Мониторинг») / Е.А. Лупян, А.А. Прошин, М.А. Бурцев [и др.] // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2019. Т. 16, № 3. С. 151–170. doi: 10.21046/2070-7401-2019-16-3-151-170

References

1. Ivanov V.A., Ponomarev E.I., Ivanova G.A., Malkanova A.V. Lightning and Forest Fires under Modern Climatic Conditions of Central Siberia. *Russ. Meteorol. Hydrol.* 2023; Vol.48, No7:630–638 (In Russ.). doi: 10.3103/S1068373923070105
2. Marey-Perez M., López-Álvarez Ó., Franco-Vázquez L. Analysis of Trends in the Distance of Wildfires from Built-Up Areas in Spain and California (USA): 2007–2015. *Forests.* 2024; Vol.15, No5:2007–2015. doi: 10.3390/f15050788
3. Rezaie F., Panahi M., Bateni S. M., Lee S., Jun C., Trauernicht C., Neale C.M.U. Development of novel optimized deep learning algorithms for wildfire modeling: A case study of Maui, Hawai'i. *Eng. Appl. Artif. Intell. Elsevier Ltd.* 2023; Vol.125, July:106699. doi: 10.1016/j.engappai.2023.106699
4. Krektunov A.A., Yeritsov A.M., Zalesov S.V., Sekerin I.M. Prognosis of forest fire development depending on the distance of the settlement. *International Research Journal.* 2022; Vol.121, No7-2:167–172 (In Russ.). doi: 10.23670/IRJ.2022.121.7.069
5. Ivanova G.A., Ivanov V.A., Musokhranova A.V., Onuchin A.A. Forest fires and the causes of their occurrence in Central Siberia. *Sib. J. For. Sci.* 2023; 6:6–16 (In Russ.). doi: 10.15372/SJFS20230602
6. Glagolev V.A. Assessment and forecast of vegetation fires in the Jewish Autonomous Region: specialty 25.00.36 "Geocology (Earth sciences)": Candidate's Dissertation. Khabarovsk, 2015. 147 p. (In Russ.) http://iver.as.khb.ru/5_Disert%20sovet/Doc_Zasch/2015/Глаголев/Диссертация%20Глаголев%2010.02.2015%20публикация.pdf
7. Badia A., Serra P., Modugno S. Identifying dynamics of fire ignition probabilities in two representative Mediterranean wildland-urban interface areas. *Appl. Geogr. Elsevier Ltd.* 2011; Vol.31, No3:930–940 (In Russ.). doi: 10.1016/j.apgeog.2011.01.016
8. Chuvieco E., Aguado I., Yebra M. [et al.] Development of a framework for fire risk assessment using remote sensing and geographic information system technologies. *Ecol. Modell.* 2010; Vol.221, No1:46–58. doi: 10.1016/j.ecolmodel.2008.11.017
9. Toledo-Jaime C., Díaz-Avalos C., Chaudhuri S., Serra L., Juan P. Understanding wildfire occurrence and size in Jalisco, Mexico: A spatio-temporal analysis. *For. Ecol. Manage. Elsevier B.V.* 2024; Vol.573, No10:122349. doi: 10.1016/j.foreco.2024.122349
10. Clarke H., Gibson R., Cirulis B., Bradstock R.A., Penman T.D. Developing and testing models of the drivers of anthropogenic and lightning-caused wildfire ignitions in south-eastern Australia. *J. Environ. Manage. Elsevier.* 2019; Vol.235, January:34–41. doi: 10.1016/j.jenvman.2019.01.055
11. Vacchiano G., Foderi C., Berretti R., Marchi E., Motta R. Modeling anthropogenic and natural fire ignitions in an inner-Alpine valley. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.* 2018; Vol.18, No3:935–948. doi:10.5194/nhess-18-935-2018
12. Cai L., Shi W., Li F. [et al.]. Improvement of human-induced wildfire occurrence modeling from a spatial variation of anthropogenic ignition factor in the CLM5. *Environ. Res. Lett.* 2023; Vol.18, No9:094049. doi:10.1088/1748-9326/acf1b6
13. Elashiry A.A., Al Khalil O. Vertical Accuracy Assessment for the Free Digital Elevation Models SRTM and ASTER in Various Sloping Areas. *J. Eng. Sci.* 2024; Vol.52, No 6:250–268. doi: 10.21608/jesaun.2024.305875.1354
14. Kovalev N.A., Lupyan E.A., Balashov I.V. [et al.]. ISDM-Rosleskhoz: 15 years of operation and evolution. *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa.* 2020; Vol.17, No7:283–291 (In Russ.). doi: 10.21046/2070-7401-2020-17-7-283-291
15. Burtsev M.A., Uspensky S.A., Kramareva L.S. [et al.]. Actual features and evolution prospects of the SRC "Planeta" distributed data operation united system. *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa.* 2019; Vol.16, No3:198–212 (In Russ.). doi: 10.21046/2070-7401-2019-16-3-198-212
16. Lupyan E.A., Proshin A.A., Burtsev M.A. [et al.]. Experience of development and operation of the IKI-Monitoring center for collective use of systems for archiving, processing and analyzing satellite data. *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa.* 2019; Vol.16, No3:151–170 (In Russ.). doi: 10.21046/2070-7401-2019-16-3-151-170

Информация об авторах

Александр Владимирович Базаров – кандидат технических наук, старший научный сотрудник, Институт физического материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук; доцент кафедры землеустройства, Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени В.Р. Филлипова, alebazaro@gmail.com;

Роман Сергеевич Сычев – инженер, Институт физического материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук; главный специалист, Рослесинфорг, Бурятский филиал, roman1594@mail.ru;

Алена Сергеевна Семиусова – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры землеустройства, Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени В.Р. Филиппова, kaf_zeml@bgsha.ru; pushkareva_alena@mail.ru;

Галина Фёдоровна Кыркунова – старший преподаватель, кафедра землеустройства, Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени В.Р. Филиппова, galina.kirkunova@mail.ru;

Инга Сергеевна Евдокимова – кандидат технических наук, доцент, зав.кафедрой «Программная инженерия и искусственный интеллект», Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления, evdinga@gmail.com.

Information about the authors

Aleksandr V. Bazarov – Candidate of Science (Engineering), Senior Research Scientist, Institute of Physical Materials Science, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences; Associate Professor, Land Management Chair, Buryat State Academy of Agriculture named after V.R. Philippov, alebazaro@gmail.com;

Roman S. Sychev – Engineer, Institute of Physical Materials Science, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences; Chief Specialist, Roslesinforg, Buryat branch, roman1594@mail.ru;

Alena S. Semiusova – Candidate of Science (Agriculture), Associate Professor, Associate Professor, Land Management Chair, Buryat State Academy of Agriculture named after V.R. Philippov, pushkareva_alena@mail.ru;

Galina F. Kyrkunova – Senior Lecturer, Land Management Chair, Buryat State Academy of Agriculture named after V.R. Philippov, galina.kirkunova@mail.ru;

Inga S. Evdokimova – Candidate of Science (Engineering), Head of the Chair of Software Engineering and Artificial Intelligence, East Siberian State University of Technology and Management, evdinga@gmail.com

Статья поступила в редакцию 19.05.2025; одобрена после рецензирования 02.07.2025; принята к публикации 08.07.2025.

The article was submitted 19.05.2025; approved after reviewing 02.07.2025; accepted for publication 08.07.2025.