



DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2024.4.2>

UDC 91

LBC 26.17

IDENTIFICATION OF FIRE HAZARD AREAS IN THE FLOODPLAIN LANDSCAPES OF THE LOWER DON BASED ON ACTIVE BURN DETECTION DATA FROM SPACE

Ruslan N. Berdengaliev

Volgograd State University, Volgograd, Russian Federation

Asel' N. Berdengalieva

Volgograd State University, Volgograd, Russian Federation

Abstract. Wildfires are a significant exogenous factor in the state of floodplain ecosystem landscapes, the importance of which increases in modern changing hydrological and climatic conditions. A decrease in the water content of the flood in the lower reaches of the Don River leads to the degradation of meadow communities in the floodplain and the drying up of its delta, which causes an increased fire hazard. The article presents the results of a study of the fire regime of floodplain and delta landscapes of the Lower Don based on an analysis of the long-term dynamics of the number and density of active combustion sites according to the MODIS satellite system. Using a long-term archive of detection of active combustion sites for 2001–2023, we were able to determine seasonal and long-term patterns in the dynamics of their number, identify the most fire-hazardous areas with a fire frequency of at least 25%, and also highlight municipal districts with an increase in flammability – the Azov and Myasnikovsky districts, where the Don Delta is located. In general, the trends of the Lower Don floodplain flammability are aimed at reducing it mainly due to fires in the summer-autumn period, but the number of recorded fires in March increases. As a result of geoinformation processing and the use of spatial analysis methods, settlements were identified in the vicinity of which the largest area of fire-hazardous areas is concentrated. The largest number of such areas are in the Volga delta. Most of them are located at a distance of 2–5 km from the nearest settlement. This indicates both the threat to these settlements from fires and the significant role of the anthropogenic factor in the occurrence of fires. It is necessary to optimize and strengthen fire prevention measures in the vicinity of the identified settlements with the largest areas of fire-hazardous areas. The information obtained as a result of the study can be used for further development of fire prevention measures.

Key words: landscape fires, Lower Don, remote sensing data, geoinformation technologies, floodplain ecosystems.

Citation. Berdengaliev R.N., Berdengalieva A.N. Identification of Fire Hazard Areas in the Floodplain Landscapes of the Lower Don Based on Active Burn Detection Data From Space. *Prirodnye sistemy i resursy* [Natural Systems and Resources], 2024, vol. 14, no. 4, pp. 17-27. (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2024.4.2>

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПОЖАРООПАСНЫХ УЧАСТКОВ В ПОЙМЕННЫХ ЛАНДШАФТАХ НИЖНЕГО ДОНА ПО ДАННЫМ ДЕТЕКТИРОВАНИЯ АКТИВНОГО ГОРЕНИЯ ИЗ КОСМОСА

Руслан Нурланович Берденгалиев

Волгоградский государственный университет, г. Волгоград, Российская Федерация

Асель Нурлановна Берденгалиева

Волгоградский государственный университет, г. Волгоград, Российская Федерация

Аннотация. Природные пожары являются существенным экзогенным фактором состояния ландшафтов пойменных экосистем, значимость которого увеличивается в современных меняющихся гидрологических и климатических условий. Снижение водности половодья в нижнем течении реки Дон приводит к деградации луговых сообществ в пойме и обсыханию его дельты, из-за чего формируется повышенная пожарная опасность. В статье приводятся результаты исследования пожарного режима пойменных и дельтовых ландшафтов Нижнего Дона на основе анализа многолетней динамики количества и плотности очагов активного горения по данным спутниковой системы MODIS. Использование многолетнего архива детектирования очагов активного горения за 2001–2023 гг., позволили определить сезонные и многолетние закономерности динамики их количества, идентифицировать наиболее пожароопасные участки с повторяемостью пожаров не менее 25 %, а также выделить муниципальные районы с ростом горимости – Азовский и Мясниковский районы, в которых расположена дельта Дона. В целом тенденции горимости поймы Нижнего Дона направлена на ее снижение в основном за счет пожаров летне-осеннего периода, но число фиксируемых возгораний в марте увеличивается. В результате геоинформационной обработки и применения методов пространственного анализа выявлены населенные пункты, в окрестностях которых сосредоточена наибольшая площадь пожароопасных участков. Наибольшее количество таких участков находятся в дельте Волги. Большая часть из них расположена на удалении 2–5 км от ближайшего населенного пункта. Это свидетельствует как об угрозе этим населенным пунктам от пожаров, так и о значительной роли антропогенного фактора в возникновении пожаров. Необходимы оптимизация и усиление мер противопожарной профилактики в окрестностях выявленных населенных пунктов с наибольшими площадями пожароопасных участков. Полученная в результате исследования информация может быть использована для дальнейшей разработки противопожарных мероприятий.

Ключевые слова: ландшафтные пожары, Нижний Дон, данные дистанционного зондирования, геоинформационные технологии, пойменные экосистемы.

Цитирование. Берденгалиев Р. Н., Берденгалиева А. Н. Идентификация пожароопасных участков в пойменных ландшафтах Нижнего Дона по данным детектирования активного горения из космоса // Природные системы и ресурсы. – 2024. – Т. 14, № 4. – С. 17–27. – DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2024.4.2>

Введение

Пойменные ландшафты являются особенно чувствительными к последствиям изменений климата, например, засухам, колебаниям уровней грунтовых вод, поверхностного и подземного стока [20; 23]. В настоящее время бассейн реки Дон находится в условиях аридизации климата, характеризующейся дефицитом водных ресурсов, высокой степенью испарения, что приводит к сокращению стока

особенно в период половодья [1]. Значительные площади в низовьях Дона занимают пруды рыбоводных хозяйств и рисовые чеки, очень велика доля неиспользуемых сельскохозяйственных земель, которые были обвалованы и соответственно выведены из пойменного режима [9]. Преобразованные во второй половине XX в. ландшафты дельты и поймы Дона чувствительны к климатическим и антропогенным изменениям в условиях значительного хозяйственного освоения поймен-

ных земель Нижнего Дона и негативных гидрологических изменений [1; 25]. В таких условиях воздействие природных пожаров на ландшафт становится особенно негативным. Поэтому требуется анализ пожарного режима территории: выявление пройденной огнем площади, определение тенденций горимости и частоты пожаров. Идентификация наиболее пожароопасных территорий позволит оптимизировать меры противопожарной профилактики [18]. Поскольку пожары кроме разрушения местообитаний растений и животных, угрозе здоровья и жизни населения, служат источником выбросов парниковых газов и других продуктов горения в атмосферу [17; 24], то противодействие им должно быть одним из приоритетов природоохранной политики.

В современных исследованиях окружающей среды и влияния на ее состояние природных пожаров широко используются данные дистанционного зондирования, которые позволяют оперативно получить данные на большие территории [2; 3; 6; 10–13; 15]. Использование геоинформационных технологий позволяет хранить, обрабатывать и анализировать значительные архивы данных спутниковой съемки различного пространственного, временного и спектрального разрешения [8; 16]. На основе полученного геоинформационного анализа разрабатываются обзорные карты природных ландшафтов, так и тематические и прогнозные цифровые карты, позволяющие проводить анализ и разрабатывать меры по

защите территории от негативного воздействия ландшафтных пожаров и их предупреждения. В связи с этим комплексная геоинформационная оценка влияния пожаров на ландшафты на основе данных дистанционного зондирования становится приоритетной в определении их пространственного распределения [19]. Преимуществом дистанционных методов является оперативность, экономическая эффективность, обусловленная снижением затрат на мониторинг, а также наличие однородных многолетних рядов данных, которые позволяют выполнять ретроспективный анализ [8].

Цель работы заключается в определении пожароопасных участков и проведении геоинформационного анализа близости участков с максимальной частотой пожаров к населенным пунктам.

Объект, материалы и методика исследований

Объектом исследования выбраны пойменные ландшафты Нижнего Дона от Азовского моря до Цимлянского водохранилища в Ростовской области (рис. 1). Эта территория характеризуется наибольшей горимостью в регионе [14], в то же время имеются только отдельные исследования пожаров в пойме и дельте Дона, которые не дают полного представления о пожарном режиме. Пойменные ландшафты представлены преимущественно лугами, также велика площадь тростниковых

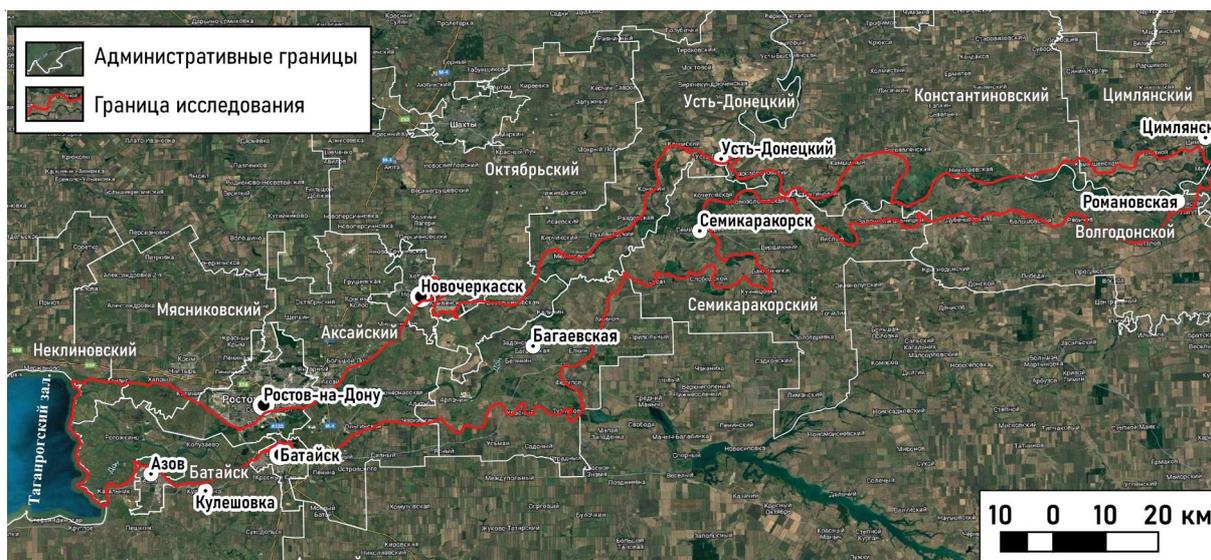


Рис. 1. Территория исследования

и рогозовых сообществ, используемых и заброшенных обвалованных сельскохозяйственных земель.

Исследование основывается на многолетнем архиве детектирования очагов активного горения (hotspots, тепловых аномалий, «термоточек», «горячих точек», ГТ) по данным спутниковой системы MODIS (спутники Terra и Aqua) пространственного разрешения около 1 км MCD14ML [26] за 2001–2023 годы. Атрибутивная информация каждого точечного объекта указанного информационного продукта тематической обработки спутниковых данных MODIS содержит сведения о дате, времени пожара, яркости и энергии горения. Расчет количества очагов активного горения на 100 км² площади территории в нелесных ландшафтах, к которым можно отнести и большую часть поймы Дона в его нижнем течении, а также дельту, примерно соответствует показателю горимости: отношению величины выгоревшей площади к общей площади территории, выраженного в процентах. Таким образом, многолетний архив данных детектирования тепловых аномалий служит источником для анализа пожарного режима территории, включая тенденции изменения горимости и определение частоты пожаров [5].

На первом этапе были определены очаги активного горения, которые попадают в границы поймы Дона (рис. 1). Далее для каждой тепловой аномалии методами пространственного соединения были добавлены данные о муниципальном образовании, на территории которого она зафиксирована. На основе атрибутивной информации о дате возгорания очаги активного горения сгруппированы по годам, месяцам и сезонам. Вокруг каждой точечной тепловой аномалии создавалась буферная зона размером 1 × 1 км, которая соответствует исходному пикселю спутникового изображения MODIS теплового диапазона (31 и 32 каналы [22], которым соответствует спектральный диапазон 11 и 12 мкм соответственно). Полученные объекты объединялись в результирующие полигоны, которые соответствовали выгоревшей площади на определенные даты или периоды.

К наиболее пожароопасным относились участки, на которых было зафиксировано более пяти пожаров (повторяемость более 25 %

или не реже одного пожара каждые четыре года) за период исследований на основе пересечения ежегодных карт пожаров по данным MCD14ML за 2001–2023 годы. Далее для каждого выделенного таким образом пожароопасного участка определялось расстояние до ближайшего населенного пункта на основе инструментов пространственной статистики «v.distance» [7]. Для каждого населенного пункта рассчитаны площади прилегающих наиболее часто горимых территорий с учетом расстояния до них. Это дает возможность выявить населенные пункты с максимальной угрозой ландшафтных пожаров в их окрестностях, а также определить какие из них оптимальны для размещения противопожарных подразделений в период наибольшей пожарной опасности. Геоинформационная обработка данных выполнена в программе QGIS, статистический анализ в ПО MS Excel.

Результаты и обсуждение

Многолетний архив детектирования тепловых аномалий в пойменных ландшафтах Нижнего Дона за 2001–2023 гг. содержит 6 521 объект. Около 57 % всех очагов активного горения зафиксировано в весенний период (преимущественно апрель и март), остальные 43 % – в летне-осенний (преимущественно август и сентябрь). Тем не менее указанное распределение пожаров по сезону неравномерно, так как присутствуют отдельные годы, когда доминируют весенние очаги горения. Например, 2003, 2007, 2009, 2013, 2017, 2018, 2020, 2022 гг., что составляет 35 % или 8 из 23 лет. Тенденции динамики горимости характеризуются отрицательным трендом количества регистрируемых тепловых аномалий (см. рис. 2). При этом снижение происходит в первую очередь за счет пожаров летне-осеннего периода: в среднем снижение в этот период составляет 5,6 тепловых аномалий в год против 0,26 тепловых аномалий в год весной. В марте отмечается рост горимости в среднем на 2,0 тепловых аномалий в год, в апреле же отмечается снижение числа очагов активного горения на аналогичную по модулю величину. В мае, июне и октябре отмечается минимальное число тепловых аномалий за вегетационный период, значимых его изменений за 2001–2023 гг. не выявлено.

Кроме сезонной неоднородности динамика горимости пойменных ландшафтов Нижнего Дона характеризуется и значительной пространственной изменчивостью (см. рис. 3а). Так максимальной величиной среднегодовой горимости, выраженной в количестве тепловых аномалий на 100 км² территории, характеризуются Мясниковский и Азовский районы Ростовской области, в которых расположена дельта Дона. Также значительна горимость в Багаевском и Волгодонском районах. В первом случае это может быть связано с поймой впадающей в Дон реки Маныч, а во втором – развитой широкой поймой Дона с высокой степенью транспортной доступности и хозяйственного освоения. При этом из четырех указанных районов только Азовский характеризуется ростом горимости в период исследований.

Пересечение ежегодных карт пожаров по данным детектирования активного горения

MCD14ML позволило определить количество пожаров в каждом пикселе для пойменных ландшафтов Нижнего Дона (см. рис. 3б). Всего пройденная огнем площадь по данным детектирования активного горения составила около 240 тыс. га или 79 % площади исследованных пойменных ландшафтов. Только треть всех выгоревших площадей была пройдена огнем один раз за 2001–2023, остальные две трети горело два и более раз. Выявлено 13,5 тыс. га пожароопасных участков, которые подвергались воздействию огня многократно – от 6 до 12 раз в течении 23 лет, то есть каждые 2–4 года. Наибольшая площадь таких участков сосредоточена в дельте Дона в Азовском районе – 2,8 тыс. га. Также значительное количество самых пожароопасных участков (рис. 3б и 4) находится в Волгодонском, Багаевском, Мясниковском, Неклиновском районах и в г. Ростова-Дону: более тысячи гектаров в каждом.

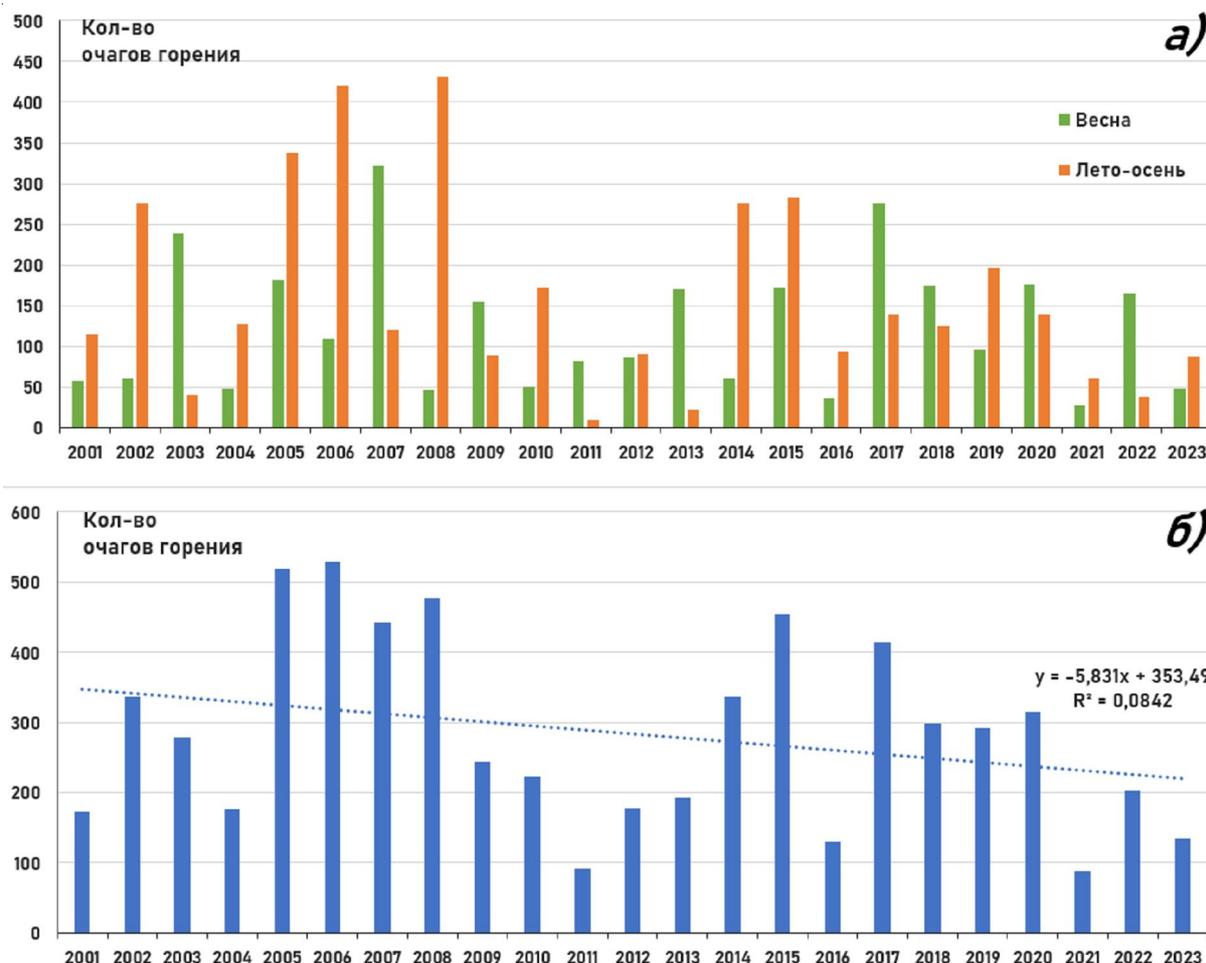


Рис. 2. Динамика горимости:
 а – сезонная; б – годовая

В результате геоинформационной обработки и применения методов пространственного анализа выявлены населенные пункты, в окрестностях которых сосредоточена наибольшая площадь пожароопасных участков (см. рис. 4). Значительная часть таких населенных пунктов расположена в дельте Волги, например, х. Полушкин, Лагутник, Городище, с. Синявское, в окрестностях каждого расположено не менее 50 га пожароопасных участков с частотой пожаров 25 % и более. Всего выявлено 29 населенных пунктов, рядом с которыми находится более 200 га пожароопасных территорий. При этом около 80 % площади участков с высокой частотой пожаров находится на расстоянии более 2 км, но только 10 % из них удалены более чем на 5 км. Таким образом, имеется существенная опасность для данных населенных пунктов при воз-

никновении ландшафтных пожаров в их окрестностях. Также факт близкого расположения участков повышенной пожарной опасности к населенным пунктам может свидетельствовать о существенном влиянии антропогенных причин возникновения пожаров: сельскохозяйственных палов, целенаправленного выжигания тростниковой и другой околводной растительности, неосторожное обращение с огнем [23]. По этим причинам в периоды максимальной горимости в марте, апреле, августе и сентябре целесообразно размещение противопожарных отрядов в данных населенных пунктах. Также в их окрестностях требуется усиление мер противопожарной профилактики: создание и расширение минерализованных полос, противопожарных прокосов растительности, просветительская работа с местным населением и туристами. Снижение стока в

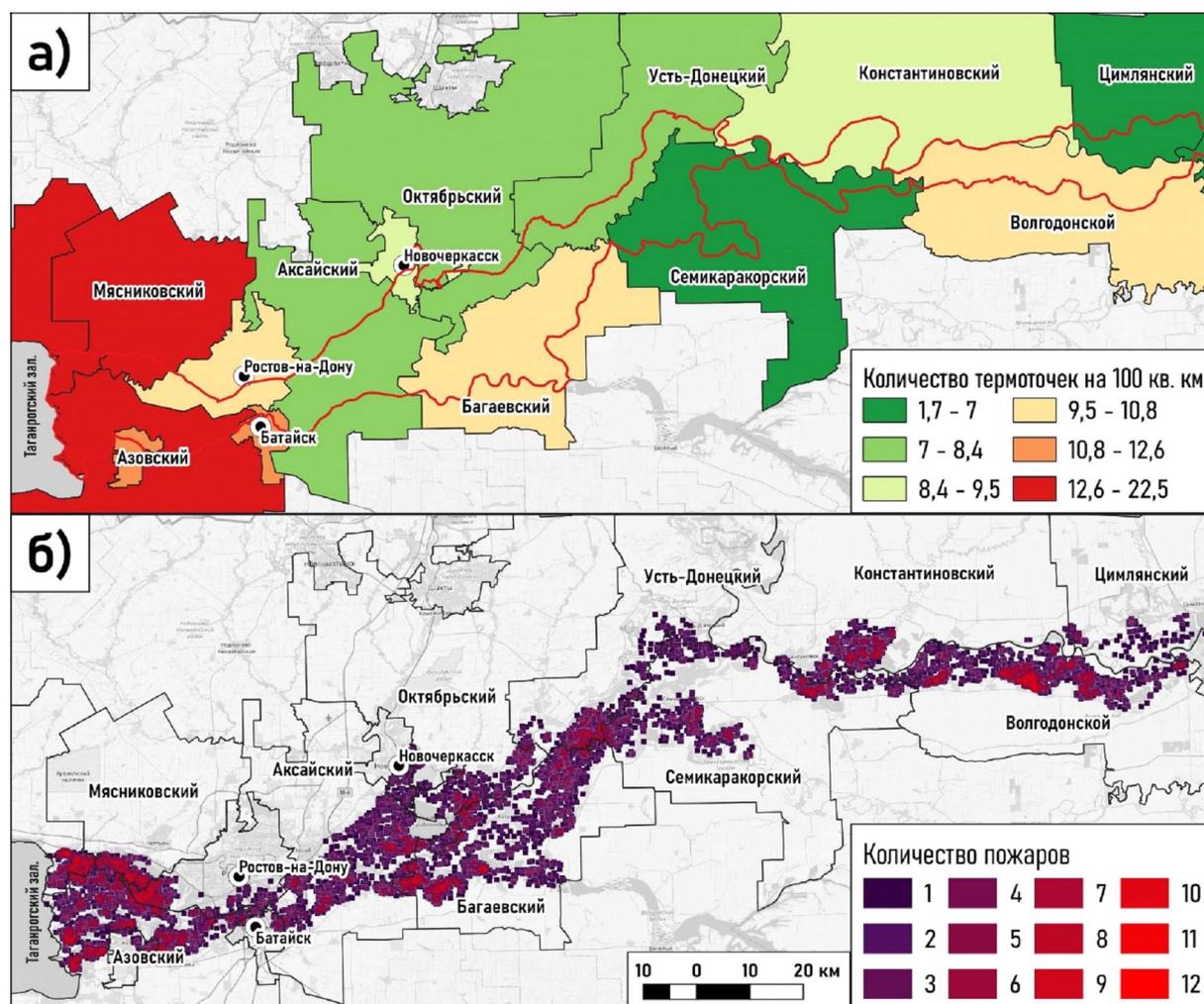


Рис. 3. Среднегодовое количество очагов горения в пойменных ландшафтах Нижнего Дона за 2001–2023 гг.: а – количество термоточек в муниципальных районах; б – количество фиксаций тепловых аномалий

реке Дон будет способствовать обсыханию его поймы и особенно дельты [4; 20], из-за чего может увеличиваться горимость в ранневесенний период из-за поджогов тростников и другой высокопродуктивной растительности. Об этом свидетельствует рост горимости в марте в Азовском районе на территории дельты Волги. Луговые пойменные сообщества, наоборот, деградируют при снижении частоты и длительности половодий [27], из-за чего их горимость уменьшается вследствие ухудшения условий для накопления достаточной мортмассы растительности.

Заключение

Природные пожары являются существенным фактором динамики состояния пойменных и дельтовых ландшафтов Нижнего Дона: почти 80 % площади поймы и дельты Дона было пройдено огнем за период 2001–2023 гг. При этом преобладают пожары летне-осеннего периода, которые характеризуются тенденцией снижения горимости. В весенний период не отмечено значимого тренда горимости, установлено ее увеличение в марте и снижение на аналогичную по модулю величину в апреле.

Выявлены наиболее пожароопасные участки с частотой пожаров 25 % и более. Наибольшее количество таких участков находится в дельте Волги. Большая часть из них расположена на удалении 2–5 км от ближайшего населенного пункта. Это свидетельствует как об угрозе этим населенным пунктам от пожаров, так и о значительной роли антропогенного фактора в возникновении пожаров. Необходимы оптимизация и усиление мер противопожарной профилактики в окрестностях выявленных населенных пунктов с наибольшими площадями пожароопасных участков.

Анализ пожарного режима территории является важнейшей предпосылкой для прогнозирования развития пойменных экосистем в условиях изменения климата и землепользования. Введение дополнительных мер противопожарной профилактики и борьбы с возгораниями способствуют не только снижению угрозы жизни и здоровью населения, но будут способствовать снижению выбросов парниковых газов при пожарах, что соответствует целям устойчивого развития и современной климатической повестке. Полученная в результате исследования информация может быть использована для дальнейшей разработки противопожарных мероприятий.

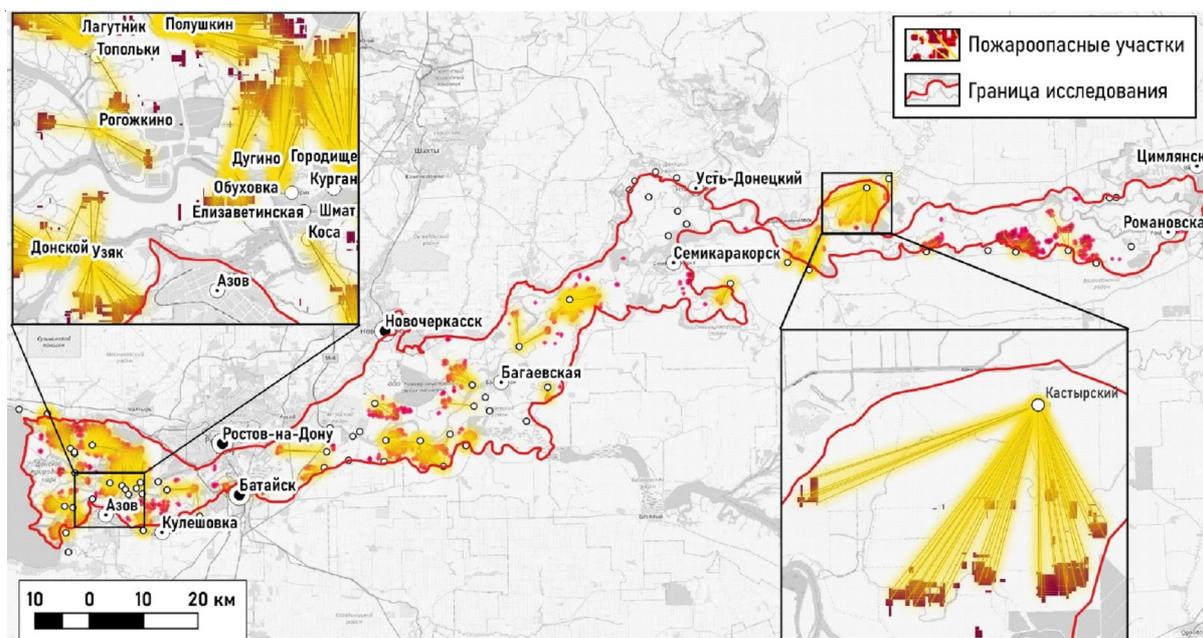


Рис. 4. Расстояния от пожароопасных участков до ближайших населенных пунктов

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Актуальные аспекты изучения периодически пересыхающих акваторий в контексте углеродного цикла (на примере бассейна Нижнего Дона) / К.С. Григоренко [и др.] // *Океанологические исследования*. – 2022. – Т. 50, № 4. – С. 73–100.
2. Аль-Чаабави, М. Р. А. Геоинформационный анализ состояния сельскохозяйственных земель на юге Ирака / М. Р. А. Аль-Чаабави, Е. А. Иванцова, В. Г. Юферев // *Природные системы и ресурсы*. – 2022. – Т. 12, № 1. – С. 38–44. – DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2022.1.5>
3. Аль-Чаабави, М. Р. А. Определение состояния земель сельскохозяйственного назначения в провинции Майсан (Ирак) на основе пространственных данных / М. Р. А. Аль-Чаабави, Е. А. Иванцова // *Успехи современного естествознания*. – 2022. – № 8. – С. 7–12.
4. Берденгалиев, Р. Н. Влияние климатических факторов на динамику ландшафтных пожаров в пойме Нижнего Дона / Р. Н. Берденгалиев, Ш. Матвеев // *Международный журнал гуманитарных и естественных наук*. – 2022. – № 11-1 (74). – С. 81–83.
5. Берденгалиева, А. Н. Анализ горимости пойменных ландшафтов нижней Волги по данным информационных продуктов спутникового детектирования активного горения и выгоревших площадей / А. Н. Берденгалиева // *ИнтерКарто. ИнтерГИС*. – 2022. – Т. 28, № 1. – С. 346–358.
6. Бондур, В. Г. Космический мониторинг воздействия природных пожаров на состояние различных типов растительного покрова в федеральных округах Российской Федерации / В. Г. Бондур, М. Н. Цидилина, Е. А. Черепанова // *Исследование Земли из космоса*. – 2019. – № 3. – С. 13–32.
7. Васильченко, А. А. Пространственный анализ инфраструктуры орошаемых полей Волго-Ахтубинской поймы на территории Волгоградской области / А. А. Васильченко // *Научно-агрономический журнал*. – 2022. – № 4 (119). – С. 12–18.
8. Геоинформационное картографирование опустынивания аридных, субаридных и сухих субгумидных регионов Российской Федерации на основе данных дистанционного зондирования и полевых исследований: Тестовая модель методики / В. Г. Юферев [и др.]. – Волгоград : Федер. науч. центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения РАН, 2024. – 272 с.
9. Жукова, С. В. Обеспеченность водными ресурсами рыбного хозяйства Нижнего Дона / С. В. Жукова // *Водные биоресурсы и среда обитания*. – 2020. – Т. 3, № 1. – С. 7–19.
10. Иванцова, Е. А. Геоинформационный анализ и оценка современного состояния орошаемых земель территории Сарпинской низменности / Е. А. Иванцова, И. А. Комарова // *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование*. – 2024. – № 2 (74). – С. 60–67.
11. Иванцова, Е. А. Использование геоинформационных технологий и космических снимков для анализа агроландшафтов / Е. А. Иванцова, И. А. Комарова // *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование*. – 2021. – № 2 (62). – С. 357–366.
12. Иванцова, Е. А. Характер взаимодействия антропогенно-трансформированных экосистем юга России / Е. А. Иванцова, В. В. Новочадов // *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование*. – 2019. – № 3 (55). – С. 79–86.
13. Комарова, И. А. Лесомелиоративная оценка агроландшафтов Сарпинской низменности по данным дистанционного зондирования / И. А. Комарова, Е. А. Иванцова // *Успехи современного естествознания*. – 2020. – № 9. – С. 7–12.
14. Матвеев, Ш. Использование данных дистанционного зондирования для мониторинга возгораний на территории Ростовской области / Ш. Матвеев, Р. Н. Берденгалиев // *Международный журнал гуманитарных и естественных наук*. – 2024. – № 9-3 (96). – С. 265–267.
15. Дистанционные исследования и картографирование состояния антропогенно-трансформированных территорий юга России / В. В. Новочадов [и др.] // *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование*. – 2019. – № 1 (53). – С. 151–158.
16. Опыт разработки геоинформационной системы пойменных земель Донского бассейна / Д. А. Солодовников [и др.] // *Юг России: экология, развитие*. – 2022. – Т. 17, № 1 (62). – С. 151–161.
17. Павлейчик, В. М. К вопросу об активизации степных пожаров (на примере Заволжско-Уральского региона) / В. М. Павлейчик // *Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология*. – 2016. – № 3. – С. 15–25.
18. Рябинина, Н. О. Современное состояние и динамика степных геосистем юго-востока Русской равнины (на примере природных парков Волгоградской области) / Н. О. Рябинина, С. Н. Канищев, С. С. Шинкаренко // *Юг России: экология, развитие*. – 2018. – Т. 13, № 1. – С. 116–127.
19. Украинский, П. А. Динамика спектральных свойств зарастающих травяных гарей / П. А. Украинский // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. – 2013. – Т. 10, № 4. – С. 229–238.

20. Шинкаренко, С. С. Гидрологическая ситуация на водохранилищах юга европейской части России в 2020 г / С. С. Шинкаренко, Д. А. Солодовников, С. А. Бартаев // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. – 2021. – Т. 18, № 1. – С. 248–254.

21. Шинкаренко, С. С. Пространственно-временная динамика выгоревших площадей на федеральных ООПТ юго-востока Европейской России / С. С. Шинкаренко, Н. М. Иванов, А. Н. Берденгалиева // *Nature Conservation Research. Заповедная наука*. – 2021. – Т. 6, № 3. – С. 23–44. – DOI: 10.24189/ncr.2021.035

22. An Active-Fire Based Burned Area Mapping Algorithm for the MODIS Sensor / L. Giglio [et al.] // *Remote Sensing of Environment*. – 2009. – Vol. 113, No. 2. – P. 408–420.

23. Changes in the Spatial Organization of the Volga-Akhtuba Floodplain Nature Park / A.V. Kholodenko [et al.] // *Improving Energy Efficiency, Environmental Safety and Sustainable Development in Agriculture: International Scientific and Practical Conference, Saratov, October 20–24, 2021*. – L. : IOP Publishing Ltd, 2022. – Art. 012138.

24. Estimating Long-Term Average Carbon Emissions from Fires in Non-Forest Ecosystems in the Temperate Belt / A. Ostroukhov [et al.] // *Remote Sensing*. – 2022. – Vol. 14, No. 5.

25. Solodovnikov, D. A. Present-Day Hydrological and Hydrogeological Regularities in the Formation of River Floodplains in the Middle Don Basin / D.A. Solodovnikov, S.S. Shinkarenko // *Water Resources*. – 2020. – Vol. 47, No. 6. – P. 977–986.

26. The Collection 6 MODIS Burned Area Mapping Algorithm and Product / L. Giglio [et al.] // *Remote Sensing of Environment*. – 2018. – Vol. 217. – P. 72–85.

27. The Effects of River Control and Climatic and Hydrological Changes on the State of Floodplain and Delta Ecosystems of the Lower Don / Zh. V. Kuzmina [et al.] // *Arid Ecosystems*. – 2022. – Vol. 12, No. 4. – P. 361–373.

REFERENCES

1. Grigorenko K.S., Sorokina V.V., Sheverdiaev I.V. et al. Aktualnye aspekty izucheniia periodicheskii peresykhaiushchikh akvatorii v kontekste uglerodnogo tsikla (na primere basseina Nizhnego Dona) [Actual Aspects of the Study of Periodically Drying out Water Areas in the Context of the Carbon Cycle (On the Example of the Lower Don Basin)]. *Okeanologicheskie issledovaniia* [Oceanological Research], 2022, vol. 50, no. 4. pp. 73–100.

2. Al'-Chaabavi M.P.A., Ivantsova E.A., Uferev V.G. Geoinformacionnyi analiz sostoyaniya

sel'skokozyaystvennykh zemel' na uge Iraka [Geoinformation Analysis of the State of Agricultural Lands in Southern Iraq]. *Prirodnye sistemy i resursy* [Natural Systems and Resources], 2022, vol. 12, no. 1, pp. 38–44. DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2022.1.5>

3. Al'-Chaabavi M.P.A., Ivantsova E.A. Opredelenie sostoyaniya zemel' sel'skokozyaystvennogo naznacheniya v provincii Maysan (Irak) na osnove prostranstvennykh dannykh [Determination of the State of Agricultural Lands in the Province of Maysan (Iraq) Based on Spatial Data]. *Uspehi sovremennogo estestvoznaniya* [The Successes of Modern Natural Science], 2022, no. 8, pp. 7–12.

4. Berdengaliev R.N., Matveev Sh. Vliianie klimaticheskikh faktorov na dinamiku landshaftnykh pozharov v poime Nizhnego Dona [The Influence of Climatic Factors on the Dynamics of Landscape Fires in the Floodplain of the Lower Don]. *Mezhdunarodnyi zhurnal gumanitarnykh i estestvennykh nauk* [International Journal of Humanities and Natural Sciences], 2022, no 11-1 (74). pp. 81–83.

5. Berdengaliev A.N. Analiz gorimosti poimennykh landshaftov nizhnei Volgi po dannym informatsionnykh produktov sputnikovogo detektirovaniia aktivnogo goreniia i vygorevshikh ploshchadei [Analysis of the Lower Volga Floodplain Landscapes Burning According to Active Fire and Burnt Areas Satellite Data]. *InterKarto. InterGIS* [InterCarto. InterGIS], 2022, vol. 28, no. 1, pp. 346–358.

6. Bondur V.G., Tsidilina M.N., Cherepanova E.A. Kosmicheskii monitoring vozdeistviia prirodnykh pozharov na sostoianie razlichnykh tipov rastitelnogo pokrova v federalnykh okrugakh Rossiiskoi Federatsii [Space Monitoring of the Impact of Wildfires on the State of Various Types of Vegetation Cover in the Federal Districts of the Russian Federation]. *Issledovanie Zemli iz kosmosa* [Exploring the Earth from Space], 2019, no. 3, pp. 13–32.

7. Vasilchenko A.A. Prostranstvennyi analiz infrastruktury oroshaemykh polei Volgo-Akhtubinskoi poimy na territorii Volgogradskoi oblasti [Spatial Analysis of the Infrastructure of Irrigated Fields of the Volga-Akhtuba Floodplain in the Volgograd Region]. *Nauchno-agronomicheskii zhurnal* [Scientific and Agronomic Journal], 2022, no. 4 (119), pp. 12–18.

8. Yuferev V. G., Kulik K. N., Pugacheva A. M., et al. *Geoinformatsionnoe kartografirovaniie opustynivaniia aridnykh, subaridnykh i sukhikh subgumidnykh regionov Rossiiskoi Federatsii na osnove dannykh distantsionnogo zondirovaniia i polevykh issledovaniia* [Geoinformation Mapping of Desertification in Arid, Subarid and Dry Subhumid Regions of the Russian Federation Based on Remote Sensing and Field Research Data: A Test Model of the

Methodology]. Volgograd, FNTs agroekologii RAN, 2024. 272 p.

9. Zhukova S.V. Obespechennost' vodnymi resursami rybnogo khozyajstva Nizhnego Dona [Availability of Water Resources of the Fishing Industry of the Lower Don]. *Vodnye bioresursy i sreda obitaniya* [Aquatic Bioresources and Habitat], 2020, vol. 3, no. 1, pp. 7-19.

10. Ivantsova E.A., Komarova I.A. Geoinformacionnyy analiz i ocenka sovremennogo sostoyaniya oroshaemykh zemel' territorii Sarpinskoy nizmennosti [Geoinformation Analysis and Assessment of the Current State of Irrigated Lands in the Sarpin Lowland]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie* [Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agrouniversity Complex: Science and Higher Professional Education], 2024, no. 2 (74), pp. 60-67.

11. Ivantsova E.A., Komarova I.A. Ispolzovanie geoinformacionnykh tehnologiy i kosmicheskikh snimkov dlya analiza agrolandshaftov [The Use of Geoinformation Technologies and Satellite Images for the Analysis of Agricultural Landscapes]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professionalnoe obrazovanie* [Proceedings of Nizhnevolzhskiy Agrouniversity Complex: Science and Higher Vocational Education], 2021, no. 2 (62), pp. 357-366.

12. Ivantsova E.A., Novochadov V.V. Kharakter vzaimodeystviya antropogenno-transformirovannykh ecosystem uga Rossii [The Nature of the Interaction of Anthropogenic-Transformed Ecosystems in the South of Russia]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie* [Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agrouniversity Complex: Science and Higher Professional Education], 2019, no. 3 (55), pp. 79-86.

13. Komarova I.A., Ivantsova E.A. Lesomeliorativnaya ocenka agrolandshaftov Sarpinskoy nizmennosti po dannym diatancionnogo zondirovaniya [Forest Reclamation Assessment of Agricultural Landscapes of the Sarpinsk Lowland According to Remote Sensing Data]. *Uspehi sovremennogo estestvoznaniya* [The Successes of Modern Natural Science], 2020, no. 9, pp. 7-12.

14. Matveev Sh., Berdengaliev R.N. Ispolzovanie dannykh distantsionnogo zondirovaniia dlia monitoringa vozgoranii na territorii Rostovskoi oblasti [Using Remote Sensing Data to Monitor Fires in the Rostov Region]. *Mezhdunarodnyi zhurnal gumanitarnykh i estestvennykh nauk* [International Journal of Humanities and Natural Sciences], 2024, no. 9-3(96), pp. 265-267.

15. Novochadov V.V., Rulev A.S., Uferev V.G., Ivantsova E.A. Distancionnye issledovaniya i

kartografirovaniye sostoyaniya antropogenno-transformirovannykh territoriy uga Rossii [Remote Studies and Mapping of the State of Anthropogenically Transformed Territories of the South of Russia]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie* [Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agrouniversity Complex: Science and Higher Professional Education], 2019, no. 1 (53), pp. 151-158.

16. Solodovnikov D.A., et al. Opyt razrabotki geoinformacionnoj sistemy pojmenykh zemel' Donskogo bassejna [Experience in Developing a Geographic Information System for Floodplain Lands of the Don Basin]. *Jug Rossii: jekologiya, razvitie* [South of Russia: Ecology, Development], 2022, vol. 17, no. 1 (62), pp. 151-161.

17. Pavleichik V.M. K voprosu ob aktivizatsiyi stepnykh pozharov (na primere Zavolzhsko-Uralskogo regiona) [On the Question of the Activation of Steppe Fires (On the Example of the Trans-Volga-Ural Region)]. *Vestnik VGU. Seriya: Geografiya. Geoekologiya* [Bulletin of VSU, Series: Geography. Geoecology], 2016, no. 3, pp. 15-25.

18. Ryabinina N.O., Kanishchev S.N., Shinkarenko S.S. Sovremennoe sostoyanie i dinamika stepnykh geosistem yugo-vostoka Russkoy ravniny (na primere prirodnykh parkov Volgogradskoy oblasti) [The Current State and Dynamics of Geosystems in the South-East of the Russian Plain (By the Example of the Natural Parks in Volgograd Region)]. *Jug Rossii: ekologiya, i razvitie* [South of Russia: Ecology, Development], 2018, vol. 13, no. 1, pp. 116-127.

19. Ukrainskii P.A. Dinamika spektralnykh svoystv zarastaiushchikh travianykh garei [Dynamics of Spectral Properties of Overgrown Herbaceous Harems]. *Sovremennyye problemy distantsionnogo zondirovaniia Zemli iz kosmosa* [Modern Problems of Remote Sensing of the Earth from Space], 2013, vol. 10, no 4, pp. 229-238.

20. Shinkarenko S.S., Solodovnikov D.A., Bartalev S.A. Gidrologicheskaya situatsiya na vodokhranilishchakh yuga yevropeyskoy chasti Rossii v 2020 g. [The Hydrological Situation in the Reservoirs in the South of the European Part of Russia in 2020]. *Sovremennyye problemy distantsionnogo zondirovaniia Zemli iz kosmosa* [Modern Problems of Remote Sensing of the Earth from Space], 2021, vol. 18, no. 1, pp. 248-254.

21. Shinkarenko S.S., Ivanov N.M., Berdengaliev A.N. Prostranstvenno-vremennaya dinamika vygorevshikh ploshchadei na federalnykh OOPT yugo-vostoka Evropeiskoi Rossii [Spatio Temporal Dynamics of Burnt Areas in Federal Protected Areas of South-East of the European part of Russia]. *Nature Conservation Research. Zapovednaya nauka*

[Nature Conservation Research], 2021, vol. 6, no. 3, pp. 23-44. DOI: 10.24189/ncr.2021.035

22. Giglio L., Loboda T., Roy D.P., et al. An ActiveFire Based Burned Area Mapping Algorithm for the MODIS Sensor. *Remote Sensing of Environment*, 2020, vol. 113, no. 2, pp. 408-420.

23. Kholodenko A.V., Istomin S.A., Kirillov S.N., et al. Changes in the Spatial Organization of the Volga-Akhtuba Floodplain Nature Park. *Improving Energy Efficiency, Environmental Safety and Sustainable Development in Agriculture : International Scientific and Practical Conference (Saratov, October 20–24, 2021)*, vol. 979. Saratov, Saratov State Agrarian University. N.I. Vavilov, 2022, art. 012138.

24. Ostroukhov A., Klimina E., Kuptsova V., Naito D. Estimating Long-Term Average Carbon

Emissions from Fires in Non-Forest Ecosystems in the Temperate Belt. *Remote Sensing*, 2022, vol. 14, no. 5.

25. Solodovnikov D.A., Shinkarenko S.S. Present-Day Hydrological and Hydrogeological Regularities in the Formation of River Floodplains in the Middle Don Basin. *Water Resources*, 2020, vol. 47, no. 6, pp. 977-986.

26. Giglio L., Boschetti L., David P.R., et al. The Collection 6 MODIS Burned Area Mapping Algorithm and Product. *Remote Sensing of Environment*, 2018, vol. 217, pp. 72-85.

27. Kuzmina Zh.V., Shinkarenko S.S., Solodovnikov D.A., Markov M.L. The Effects of River Control and Climatic and Hydrological Changes on the State of Floodplain and Delta Ecosystems of the Lower Don. *Arid Ecosystems*, 2022, vol. 12, no. 4, pp. 361-373.

Information About the Authors

Ruslan N. Berdengaliev, Master's Student, Department of Geography and Cartography, Volgograd State University, Prosp. Universitetsky, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation, kgb-191_282459@volsu.ru

Asel' N. Berdengalieva, Postgraduate Student, Department of Geography and Cartography, Volgograd State University, Prosp. Universitetsky, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation, nza-211_992884@volsu.ru

Информация об авторах

Руслан Нурланович Берденгалиев, магистрант кафедры географии и картографии, Волгоградский государственный университет, просп. Университетский, 100, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация, kgb-191_282459@volsu.ru

Асель Нурлановна Берденгалиева, аспирант кафедры географии и картографии, Волгоградский государственный университет, просп. Университетский, 100, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация, nza-211_992884@volsu.ru