



DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2022.1.8>

UDC 55

LBC 26.8

## BURNING TRENDS OF THE LOWER DON FLOODPLAIN LANDSCAPES ACCORDING TO REMOTE SENSING DATA<sup>1</sup>

**Asel' N. Berdengalieva**

Federal Scientific Centre of Agroecology of the RAS, Volgograd, Russian Federation

**Ruslan N. Berdengaliev**

Federal Scientific Centre of Agroecology of the RAS, Volgograd, Russian Federation;  
Volgograd State University, Volgograd, Russian Federation

**Abstract.** The article presents the results of the analysis of the natural fire regime in the Don floodplain according to various satellite monitoring information products based on MODIS data with a spatial resolution of 250–1000 m and Landsat resolution of 30 m. and in the steppe and desert zones. At the same time, insufficient attention is paid to the problem of fires in wetlands in Russia. The aim of the research was to determine the trends in the dynamics of fire in the landscapes of the Lower Don floodplain based on the detection data of active burning FIRMS and burnt areas GABAM, FireCCI51 and MCD64A1. The indicated raster data were converted into vector format, after which the burnt areas were obtained both for the entire floodplain and for individual sections - loans. It is established that for the period of research 2001–2020. burnt according to various estimates from 36 to 83% of the territory. There are no significant flammability trends in most of the study area. Only in the Don Delta an increase was noted, and on the Kochetovsky, Salsky and Sukho-Kumshaksky loans, a significant decrease in fire is observed. None of the fire detection information products used can fully cover all burnt areas, either due to gaps or false positives and artifacts. The accuracy of determining the severity can be improved by expert interpretation of satellite images of high spatial resolution. This is a laborious and costly process. The results obtained in the course of this study will form the basis of subsequent work on the visual interpretation of satellite data.

**Key words:** Don river floodplain, landscape fires, satellite monitoring, remote sensing, GIS.

**Citation.** Berdengalieva A.N., Berdengaliev R.N. Burning Trends of the Lower Don Floodplain Landscapes According to Remote Sensing Data. *Prirodnye sistemy i resursy* [Natural Systems and Resources], 2022, vol. 12, no. 1, pp. 67-76. DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2022.1.8>

УДК 55

ББК 26.8

## ТРЕНДЫ ГОРИМОСТИ ПОЙМЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ НИЖНЕГО ДОНА ПО ДАННЫМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ<sup>1</sup>

**Асель Нурлановна Берденгалиева**

Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения РАН,  
г. Волгоград, Российская Федерация

**Руслан Нурланович Берденгалиев**

Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения РАН,  
г. Волгоград, Российская Федерация;  
Волгоградский государственный университет, г. Волгоград, Российская Федерация

**Аннотация.** В статье приводятся результаты анализа режима природных пожаров в пойме Дона по данным различных информационных продуктов спутникового мониторинга, основанных на данных MODIS про-

странственного разрешения 250–1000 м и Landsat разрешения 30 м. Ландшафтные пожары являются существенным фактором динамики состояния растительного покрова как в лесной, так и в степной и пустынной зонах. При этом проблеме пожаров в водно-болотных угодьях России уделяется недостаточно внимания. Целью исследований являлось определение тенденций динамики горимости ландшафтов поймы Нижнего Дона на основе данных детектирования активного горения FIRMS и выгоревших площадей GABAM, FireCCI51 и MCD64A1. Указанные растровые данные были переведены в векторный формат, после чего получены величины выгоревших площадей как для всей поймы, так и для отдельных участков – займищ. Установлено, что за период исследований 2001–2020 гг. выгорело по разным оценкам от 36 до 83 % территории. На большей части территории исследований нет существенных трендов горимости. Только в дельте Дона отмечен рост, а на Кочетовском, Сальском и Сухо-Кумшакском займищах наблюдается значимое снижение горимости. Ни один из использованных информационных продуктов детектирования пожаров не позволяет в полной мере охватить все выгоревшие площади либо из-за пропусков, либо ложных срабатываний и артефактов. Точность определения горимости может быть повешена за счет экспертного дешифрирования спутниковых изображений высокого пространственного разрешения. Это трудоемкий и затратный процесс. Полученные в ходе данного исследования результаты лягут в основу последующей работы по визуальному дешифрированию спутниковых данных.

**Ключевые слова:** пойма Дона, ландшафтные пожары, спутниковый мониторинг, дистанционное зондирование, ГИС.

**Цитирование.** Берденгалиева А. Н., Берденгалиев Р. Н. Тренды горимости пойменных ландшафтов Нижнего Дона по данным дистанционного зондирования // Природные системы и ресурсы. – 2022. – Т. 12, № 1. – С. 67–76. – DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2022.1.8>

В последние два десятилетия на юге нашей страны и сопредельных территориях наблюдается активизация ландшафтных пожаров: как в лесной [5], так и в степной и пустынной зонах [7; 14]. Анализу пожарного режима лесных ландшафтов уделяется много внимания исследователей, в то время как пожары на водно-болотных угодьях охвачены значительно хуже [3; 8; 9]. В то же время климатические и гидрологические изменения последних десятилетий вызывают существенные изменения в состоянии пойменных ландшафтов [4]. Околоводная и луговая растительность речных пойм очень быстро восстанавливается после пожаров, поэтому пожары здесь могут происходить практически ежегодно [1]. При этом причинами пожаров чаще всего указывают антропогенный фактор: неосторожное обращение с огнем и умышленные поджоги [3].

Целью исследований является анализ тенденций горимости пойменных ландшафтов Нижнего Дона на основе информационных продуктов детектирования активного горения и выгоревших площадей по данным дистанционного зондирования Земли из космоса.

**Материалы и методы исследований.** Территория исследований – пойма реки Дон в нижнем течении (ниже Цимлянского гидроузла), разделена на 12 участков – займищ (см. рис. 1) общей площадью 304 тыс. га [4]. В работе проведен анализ трендов горимос-

ти займищ и всей поймы. Горимость определялась как отношение площади пожаров ко всей площади территории за каждый год. Угловые коэффициенты линейных трендов и соответствующие им коэффициенты корреляции определялись в Microsoft Office Excel. Обработка данных дистанционного зондирования Земли производилась в программе QGIS. Площади определялись на эллипсоиде WGS84, картографические материалы представлены в проекции UTM зона 37N.

Исследование основано на многолетнем архиве данных информационных продуктов детектирования активного горения FIRMS [11] и выгоревших площадей MCD64A1 [15], FireCCI51 [12] и GABAM [10] за 2001–2020 годы. Данные продукты достаточно широко применяются в исследованиях ландшафтных пожаров [2; 5; 6; 13].

Данные активного горения (горячие точки, далее – ГТ) основаны на результатах обработки изображений прибора MODIS разрешения 1000 м (спутники Terra и Aqua) и VIIRS разрешения 375 м (спутники Suomi NPP, NOAA 20). Из-за разного пространственного разрешения использовались только данные прибора MODIS, также VIIRS имеет меньшую глубину архива. В атрибутивной информации каждой ГТ содержатся сведения о дате и времени фиксации, на основе которых был определен год и месяц пожара. Пиксели MODIS, которые были отнесе-

ны к ГТ, объединялись в один объект на основе данных о сезоне и годе пожара.

Остальные 3 информационных продукта являются результатами картографирования выгоревших площадей. Данные MCD64A1 и FireCCI51 основаны на материалах MODIS и имеют разрешение 500 и 250 м соответственно. GABAM получен по данным Landsat разрешения 30 м. Первые 2 набора данных представлены растровыми месячными композитами с датой выгорания в значениях пикселей, что позволяет определить период пожара. Данные GABAM являются годовыми компо-

зитами, поэтому для них невозможно определение сезонности пожаров.

Все исходные данные детектирования пожаров были переведены в векторный формат и пересечены электронной картой границ займищ. После чего были рассчитаны площади пожаров в границах займищ. Визуальная оценка точности указанных информационных продуктов по сравнению с цветосинтезированными изображениями Landsat показала, что ни один из них не имеет достаточную точность (см. рис. 2). Данные GABAM характеризуются артефактами (для данной работы артефакты были от-

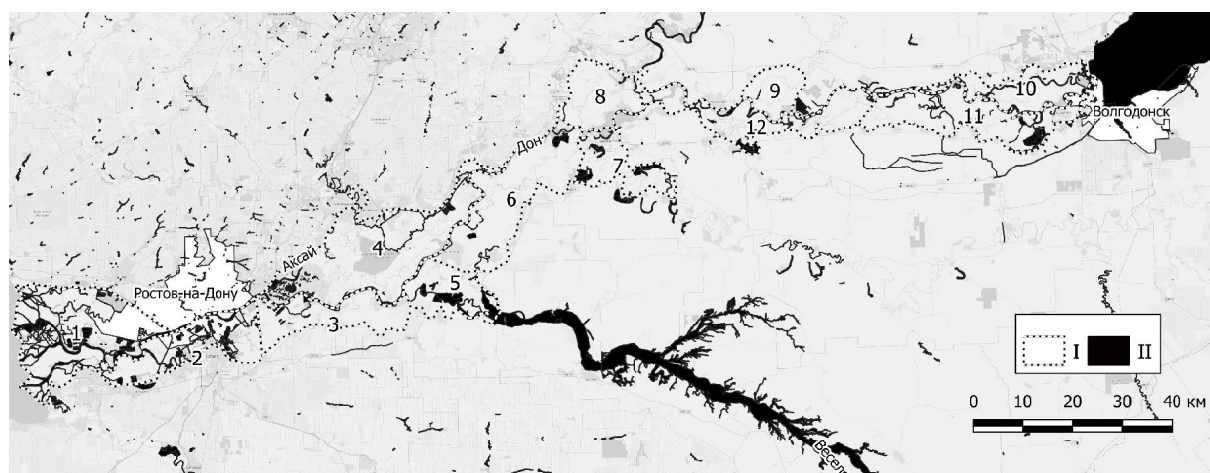


Рис. 1. Район исследований:

I – границы займищ; II – гидросеть; 1–12 – займища (1 – Дельта Дона, 2 – Койсугское, 3 – Ольгинское, 4 – Аксайское, 5 – Манычское, 6 – Сусатско-Подпольненское, 7 – Сальское, 8 – Кочетовское, 9 – Кагальницкое, 10 – Сухо-Кумшакское, 11 – Дубенцовское, 12 – Задано-Кагальницкое)

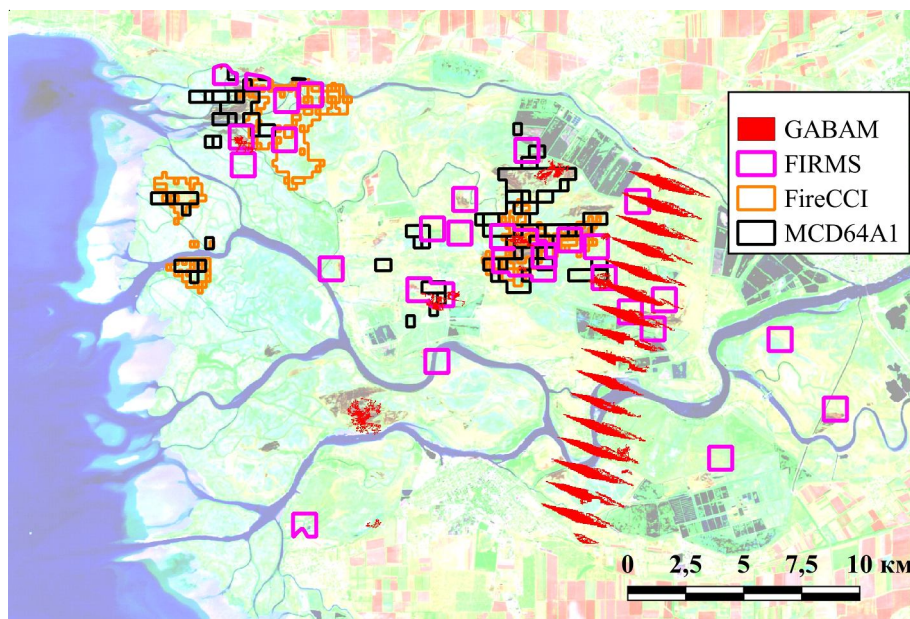


Рис. 2. Сравнение выгоревшей площади по разным данным в дельте Дона на 2001 г. (снимок Landsat 7 ETM+ 20 сентября 2001 г.)

фильтрованы визуально). Для всех данных характерны пропуски и ложные срабатывания. Кроме того, из-за низкого разрешения в границы пожаров попадают и смежные негоревшие территории. По этой причине ни один из продуктов в отдельности не обеспечивает достоверной оценки горимости на региональном уровне, но в совокупности все данные дают представления о тенденциях пожарного режима [1].

**Результаты и обсуждение.** В результате геоинформационной обработки данных детектирования активного горения и выгоревших площадей получена серия электронных карт пройденной огнем площади за 2001–2020 гг. (см. рис. 3). Всего за этот период пройдено огнем от 31 до 66 % площади района исследований (табл. 1). Поскольку, как было показано выше, ни один из информационных продуктов не позволяет в полной мере охватить всю выгоревшую площадь, было выполнено объединение всех электронных карт. Объединение всех данных по выгоревшим площадям показало 83 % суммарной выгоревшей площади за весь период исследований: от 59 % Сухо-Кумшакского займища до 93 % Ольгинского. На оставшиеся 17 % приходятся водные объекты (например, рыбообразные пруды и русла), населенные пун-

кты и др. Таким образом, можно констатировать, что практически вся территория была пройдена огнем за период исследований.

Среди всех наборов данных у продукта GABAM наименьшие выделенные выгоревшие площади. Продукты выгоревших площадей на основе MODIS MCD64A1 и FireCCI51 имеют сопоставимые результаты, а материалы обработки архива ГТ завышают горимость по сравнению с остальными. Это вызвано самым низким пространственным разрешением продукта детектирования ГТ. В результате к выгоревшим пикселям относятся только частично выгоревшие площади, из-за чего площадь гарей завышается.

Наиболее близкие значения горимости получены по данным MCD64A1, FireCCI51, а также FIRMS (табл. 2). Все эти данные получены на основе данных MODIS разрешения 250–1000 м. Большие детектированные выгоревшие площади по данным MODIS по сравнению с Landsat могут быть связаны с лучшим временным разрешением: данные MODIS получают-ся 4 раза в сутки, а Landsat – 1 раз в 8–16 дней. Таким образом, для анализа горимости поймы Нижнего Дона наиболее подходящими из использованных являются информационные продукты MCD64A1, FireCCI51.

Таблица 1

Пройденные огнем за 2001–2020 гг. площади поймы Нижнего Дона (по разным данным)

№ п/п	Займище (название)	Площадь, тыс. га / %				Всего
		GABAM	FireCCI51	MCD64A1	FIRMS	
1	Дельта Дона	16,2/37	27,7/64	26,3/61	27,9/64	37,6/86
2	Койсугское	11,1/47	13,2/55	12,5/53	17,5/73	20,6/87
3	Ольгинское	6,7/35	10,3/53	11,5/59	15,5/80	18,1/93
4	Аксайское	21,8/42	33,5/64	32,6/62	35,9/69	46,2/88
5	Манычское	6,4/42	5,8/38	6,4/42	9,5/62	13/85
6	Сусатско-Подпольненское	19/52	23,2/63	24,5/67	26,9/73	31,6/86
7	Сальское	4,9/34	5,4/37	4,7/33	8,5/59	10,2/70
8	Кочетовское	2,3/13	6,2/36	4,5/26	7,8/45	11,2/64
9	Кагальническое	3,7/40	4,9/52	4,8/51	7,4/78	8,3/88
10	Сухо-Кумшакское	1,8/10	3,6/21	3,9/22	6,2/36	10,3/59
11	Дубенцовское	8,7/29	12,6/42	12,5/41	20,9/69	24,9/82
12	Задоно-Кагальническое	7,4/31	9,7/41	12,1/51	17/72	20,9/88
<i>Итого</i>		<i>110,1/36</i>	<i>156/51</i>	<i>156,3/51</i>	<i>201/66</i>	<i>252,8/83</i>

Таблица 2

Коэффициенты корреляции горимости пойменных ландшафтов по разным данным

Источник	GABAM	FireCCI51	MCD64A1	FIRMS
GABAM	-	0,41	0,52	0,61
FireCCI51	0,41	-	0,89	0,85
MCD64A1	0,52	0,89	-	0,85
FIRMS	0,61	0,85	0,85	-

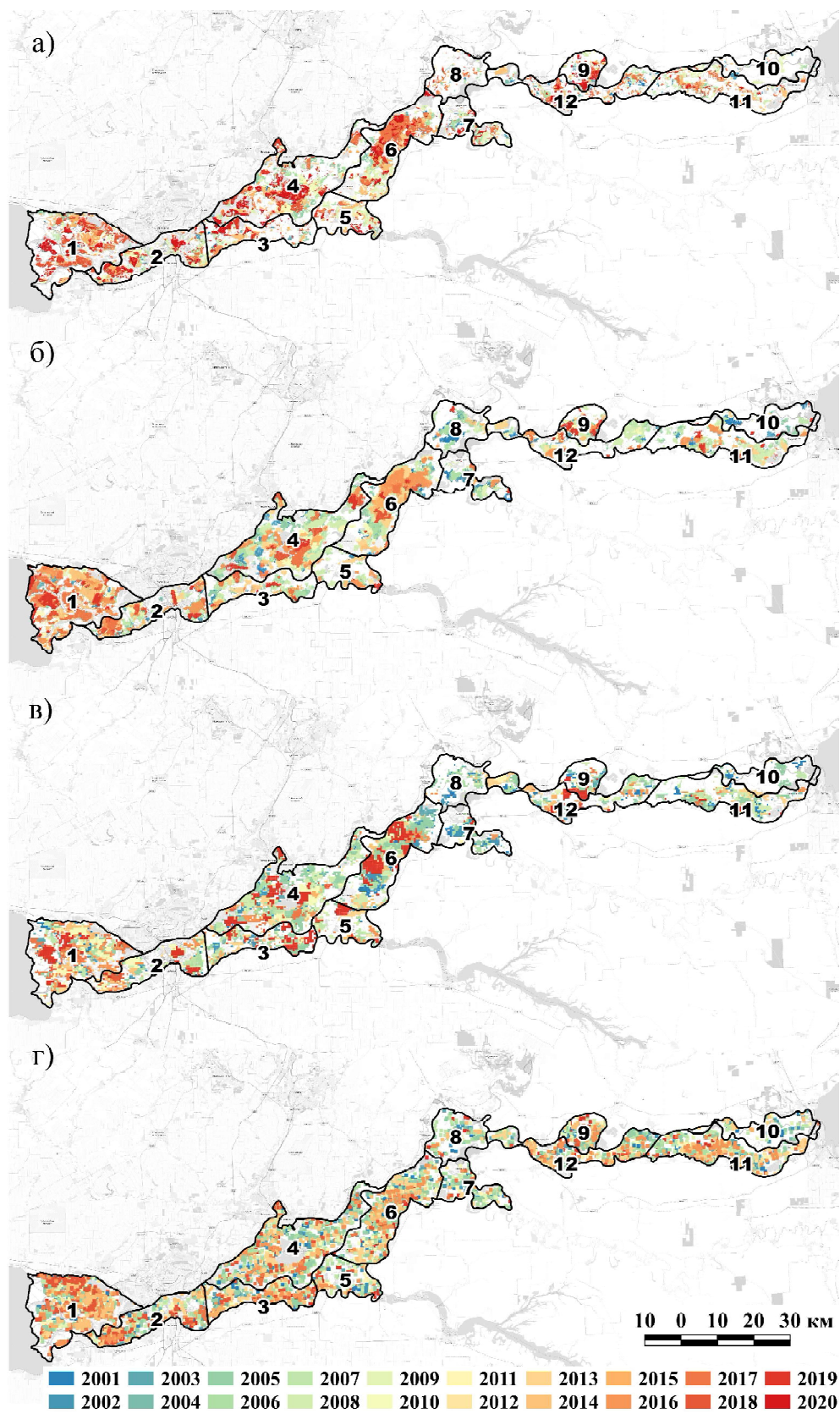


Рис. 3. Пространственно-временные особенности пожарного режима по разным данным:  
 а – GABAM; б – FireCCI51; в – MCD64A1; г – FIRMS

В отличие от Волго-Ахтубинской поймы и дельты Волги, где 80 % пожаров приходится на весенний период [9], в пойме Нижнего Дона большая часть пожаров отмечена летом и осенью. Это согласуется с полученными ранее результатами на основе анализа архива очагов активного горения MCD14ML [1].

Данные GABAM показывают устойчивый положительный тренд горимости, в то время как по остальным данным тренды отрицательные, но не являются статистически значимыми по критерию Стьюдента (см. рис. 4, табл. 3). Выше было показано, что данные GABAM существенно занижают выгоревшие

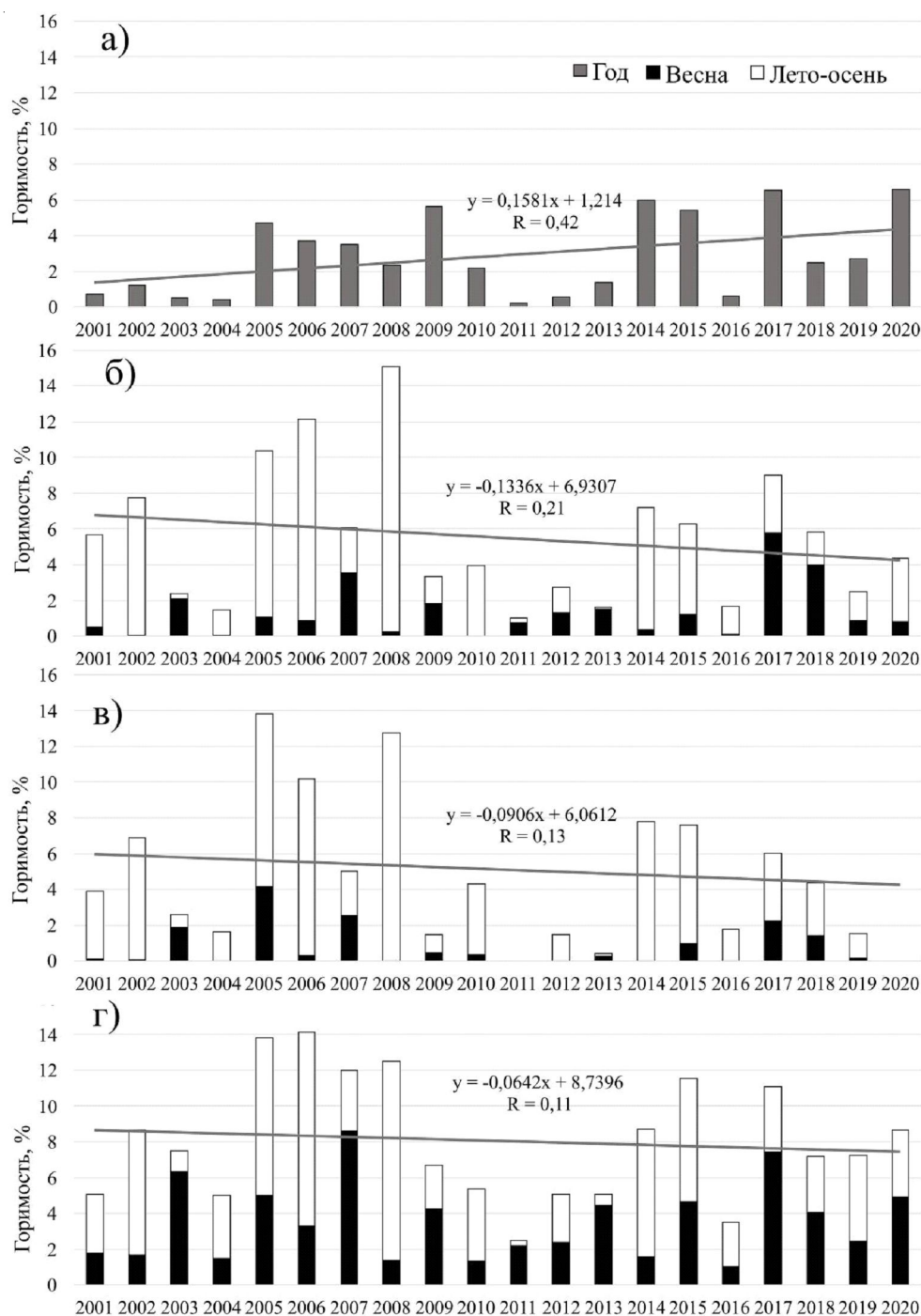


Рис. 4. Динамика горимости по разным данным:  
 а – GABAM; б – FireCCI51; в – MCD64A1; г – FIRMS

площади, поэтому выявленный тренд горимости по этим данным не может быть признан адекватным. Таким образом, на всей территории поймы Нижнего Дона нет существенных изменений горимости согласно использованным данным за последние 20 лет. Аналогичная ситуация характерна для Волго-Ахтубинской поймы, где нет значимых трендов горимости. Тем не менее, в дельте Волги отмечен значимый тренд, направленный на рост горимости ландшафтов. Это связано с ухудшением условий половодья, падением уровня Каспия и соответствующим снижением уровней воды как в половодья, так и в межень. На Нижнем Дону статистически значимый тренд горимости характерен только для Сальского, Кочетовского и Сухо-Кумшакского займищ, которые наиболее освоены в сельскохозяйственном отношении, за счет пожаров в весенний период.

**Заключение.** Установлено, что пирогенный фактор является существенным в пойменных ландшафтах Нижнего Дона. По оценкам, основанным на разных данных детектирования выгоревших площадей, общая выгоревшая площадь составила от 36 до 83 %. Минимальная горимость и отрицательный тренд горимости у наиболее сельскохозяйственно освоенных займищ – Кочетовского и Сухо-Кумшакского.

На большей части поймы Нижнего Дона отмечены тренды, направленные на снижение

горимости, только в дельте Дона наблюдается рост. Это может быть связано с растущим хозяйственным освоением пойменных земель. В результате многолетнего маловодья пойменные земли в нижнем течении Дона не заливались с 1994 года. Итогом это стала распашка и застройка поймы. Только в дельте Дона, где преобладают тростниковые заросли, еще велика доля естественных ландшафтов. Кроме того, из-за обсыхания поймы без периодических заливаний в половодья растительный покров сменяется в сторону менее продуктивных зональных сообществ. Из-за этого требуется длительное накопление мортмассы для возникновения и развития пожаров.

Ни один из информационных продуктов выгоревших площадей не позволяет полностью детектировать все выгоревшие площади. Это связано как с пропусками, так и с ложными определениями гарей и артефактами обработки данных дистанционного зондирования. Решением этой проблемы станет экспертное дешифрирование спутниковых данных более высокого пространственного разрешения. Это намного более трудоемкая работа, которая требует опытного дешифровщика. Используемые в данной работе информационные продукты могут применяться для дополнительной верификации при визуальной интерпретации цветосинтезированных спутниковых изображений.

Таблица 3

**Угловые коэффициенты линейных трендов горимости пойменных ландшафтов по разным данным**

Займище	GABAM	FireCCI151			MCD64A1			FIRMS		
		Всего	Лето - осень	Весна	Всего	Лето - осень	Весна	Всего	Лето - осень	Весна
1	0,31	0,33	0,19	0,14	0,25	0,02	0,10	0,27	0,09	0,18
2	0,18	0,06	0,20	-0,15	0,07	0,04	-0,07	0,14	0,15	0,00
3	0,14	-0,22	-0,08	-0,15	-0,07	-0,09	-0,22	0,06	0,00	0,06
4	0,20	-0,31	0,07	-0,38	-0,22	-0,01	-0,37	-0,23	-0,02	-0,21
5	0,11	-0,01	0,05	-0,06	0,10	0,01	-0,03	0,04	0,01	0,03
6	0,28	-0,36	0,11	-0,47	-0,22	-0,06	-0,43	-0,17	0,07	-0,24
7	-0,06	-0,42	0,02	-0,44	-0,40	0,01	-0,42	-0,46	0,00	-0,46
8	0,05	-0,45	0,00	-0,45	-0,23	-0,03	-0,20	-0,29	-0,05	-0,24
9	0,29	0,11	-0,03	0,14	-0,14	-0,19	-0,15	-0,11	-0,11	-0,01
10	-0,03	-0,17	-0,01	-0,16	-0,19	-0,07	-0,12	-0,26	-0,09	-0,17
11	0,06	-0,12	0,08	-0,20	-0,17	-0,07	-0,13	-0,03	0,10	-0,13
12	0,07	-0,14	0,00	-0,13	-0,05	0,02	-0,12	0,00	0,07	-0,07
Итого	0,16	-0,13	0,07	-0,21	-0,09	-0,03	-0,19	-0,06	0,03	-0,10

*Примечание.* Курсивом выделены достоверные значения при  $p > 0,95$ ; номера займищ см. подпись рисунка 1 и таблицы 1.

## ПРИМЕЧАНИЕ

<sup>1</sup> Работа выполнена по темам НИР ФНЦ агроэкологии РАН № 122020100311-3, № 122020100405-9 и № 122020100406-6.

The work was carried out on the topics of research of the FSC of Agroecology RAS No. 122020100311-3, No. 122020100405-9 and No. 122020100406-6.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Берденгалиева, А. Н. Мониторинг ландшафтных пожаров в пойме Нижнего Дона по данным детектирования активного горения / А. Н. Берденгалиева, Р. Н. Берденгалиев // Грани познания. – 2021. – № 6 (77). – С. 224–228.

2. 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. – DOI: <https://doi.org/10.31857/S0205-96142019313-32>

3. Дымова, Т. В. Основные и сопутствующие факторы воздействия на окружающую природную среду тростниковых пожаров / Т. В. Дымова // Астраханский вестник экологического образования. – 2019. – № 2 (50). – С. 210–214.

4. 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.

5. Организация работы со спутниковыми данными в информационной системе дистанционного мониторинга лесных пожаров Федерального агентства лесного хозяйства (ИСДМ-Рослесхоз) / Е. А. Лупян, С. А. Барталев, Д. В. Ершов [и др.] // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2015. – Т. 12, № 5. – С. 222–250.

6. Оценка площади пожаров на основе комплексирования спутниковых данных различного пространственного разрешения MODIS и Landsat-TM/ETM+ / С. А. Барталев, В. А. Егоров, В. Ю. Ефремов [и др.] // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2012. – Т. 9, № 2. – С. 9–27.

7. Павлейчик, В. М. К вопросу об активизации степных пожаров (на примере Заволжско-Уральского региона) / В. М. Павлейчик // Вестник ВГУ. Серия: География. Геоэкология. – 2016. – № 3. – С. 15–25.

8. Шинкаренко, С. С. Динамика пожаров в пойменных ландшафтах Нижнего Дона по данным MODIS / С. С. Шинкаренко, А. Н. Берденгалиева,

Н. М. Иванов // Научно-агрономический журнал. – 2020. – № 3 (110). – С. 17–23. – DOI: <https://doi.org/10.34736/FNC.2020.110.3.003.17-22>

9. 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: <https://doi.org/10.24189/nrc.2021.035>

10. 30 m Resolution Global Annual Burned Area Mapping Based on Landsat Images and Google Earth Engine / T. Long, Z. Zhang, G. He [et al.] // Remote Sensing. – 2019. – № 11. – P. 489. – DOI: <https://doi.org/10.3390/rs11050489>

11. An Active-Fire Based Burned Area Mapping Algorithm for the MODIS Sensor / L. Giglio, T. Loboda, D. P. Roy [et al.] // Remote Sensing of Environment. – 2020. – Vol. 113. – P. 408–420. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2008.10.006>

12. ESA Fire Climate Change Initiative (Fire\_cci): MODIS Fire\_cci Burned Area Pixel Product, Version 5.1 / E. Chuvieco, M. L. Pettinari, J. Lizundia-Loiola [et al.] // Centre for Environmental Data Analysis. – 2018. – DOI: <https://doi.org/10.5285/58f00d8814064b79a0c49662ad3af537>

13. Estimating Long-Term Average Carbon Emissions from Fires in Non-Forest Ecosystems in the Temperate Belt / A. Ostroukhov, E. Klimina, V. Kuptsova [et al.] // Remote Sensing. – 2022. – Vol. 14, № 5. – P. 1197. – DOI: <https://doi.org/10.3390/rs14051197>

14. Mapping Wetland Burned Area from Sentinel-2 across the Southeastern United States and Its Contributions Relative to Landsat-8 (2016–2019) / M. K. Vanderhoof, T. J. Hawbaker, C. Teske [et al.] // Fire. – 2021. – Vol. 4, № 3. – P. 52. – DOI: <https://doi.org/10.3390/fire4030052>

15. The Collection 6 MODIS Burned Area Mapping Algorithm and Product / L. Giglio, L. Boschetti, P. R. David [et al.] // Remote Sensing of Environment. – 2018. – Vol. 217. – P. 72–85. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2018.08.005>

## REFERENCES

1. Berdengaliyeva A.N., Berdengaliyev R.N. Monitoring landshaftnykh pozharov v poyme Nizhnego Dona po dannym detektirovaniya aktivnogo goreniya [Monitoring of Landscape Fires in the Floodplain of the Lower Don According to Active Combustion Detection Data]. *Grani poznaniya* [Facets of Knowledge], 2021, no. 6 (77), pp. 224–228.

2. Bondur V.G., Tsidilina M.N., Cherepanova E.A. Kosmicheskij monitoring vozdeystviya prirodnykh



pozharov na sostoyanie razlichnykh tipov rastitel'nogo pokrova v federal'nykh okrugakh Rossijskoj Federatsyi [Satellite Monitoring of Wildfire Impacts on the Conditions 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. DOI: <https://doi.org/10.31857/S0205-96142019313-32>

3. Dymova T.V. Osnovnye i soputstvuiushchie faktory vozdeistviya na okruzhaiushchuyu prirodnyuyu sredu trostnikovyykh pozharov [Main and Related Factors Impact on the Environment of the Reed Fires]. *Astrakhanskii vestnik ekologicheskogo obrazovaniya* [Astrakhan Bulletin of Environmental Education], 2019, no. 2, pp. 210-214.

4. 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.

5. Loupian E.A., Bartalev S.A., Ershov D.V., Kotelnikov R.V., et al. Organizatsyya raboty so sputnikovymi dannymi v informatsyonnoi sisteme distantsyonnogo monitoringa lesnykh pozharov Federalnogo agentstva lesnogo khoziaistva (ISDM-Rosleskhoz) [Satellite Data Processing Management in Forest Fires Remote Monitoring Information System (ISDMRosleskhoz) of the Federal Agency for Forestry]. *Sovremennyye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa* [Modern Problems of Remote Sensing of the Earth from Space], 2015, vol. 12, no. 5, pp. 222-250.

6. Bartalev S.A., Egorov V.A., Efremov V.Yu., et al. Otsenka ploshchadi pozharov na osnove kompleksirovaniya sputnikovyykh dannykh razlichnogo prostranstvennogo razresheniya MODIS i Landsat-TM/ETM+ [Integrated Burnt Area Assessment Based on Combine Use of Multi-Resolution MODIS and Landsat-TM/ETM+ Satellite Data]. *Sovremennyye problemy distantsyonnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa* [Modern Problems of Remote Sensing of the Earth from Space], 2012, vol. 9, no. 2, pp. 9-27.

7. Pavleichik V.M. K voprosu ob aktivizatsyi 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.

8. Shinkarenko S.S., Berdengalieva A.N., Ivanov N.M. Dinamika pozharov v poimennykh landshtakh Nizhnego Dona po dannym MODIS [Dynamics of Fires in Lower Don Floodplain Landscapes According to MODIS Data]. *Nauchno-agronomicheskii zhurnal* [Scientific Agronomy Journal], 2020, no. 3 (110), pp. 17-23. DOI: <https://doi.org/10.34736/FNC.2020.110.3.003.17-22>

9. Shinkarenko S.S., Ivanov N.M., Berdengalieva A.N. Prostranstvenno-vremennaya dinamika vygorevshikh ploshchadei na federalnykh OOPT iugo-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: <https://doi.org/10.24189/ncr.2021.035>

10. Long T., Zhang Z., He G., et al. 30 m Resolution Global Annual Burned Area Mapping Based on Landsat Images and Google Earth Engine. *Remote Sensing*, 2019, no. 11, p. 489. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs11050489>

11. Giglio L., Loboda T., Roy D.P., et al. An Active-Fire Based Burned Area Mapping Algorithm for the MODIS Sensor. *Remote Sensing of Environment*, 2020, vol. 113, pp. 408-420. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2008.10.006>

12. Chuvieco E., Pettinari M.L., Lizundia-Loiola J., et al. ESA Fire Climate Change Initiative (Fire\_cci): MODIS Fire\_cci Burned Area Pixel product, version 5.1. *Centre for Environmental Data Analysis*, 2018. DOI: <https://doi.org/10.5285/58f00d8814064b79a0c49662ad3af537>

13. 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, p. 1197. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs14051197>

14. Vanderhoof M.K., Hawbaker T.J., Teske C., et al. Mapping Wetland Burned Area from Sentinel-2 across the Southeastern United States and Its Contributions Relative to Landsat-8 (2016-2019). *Fire*, 2021, vol. 4, no. 3, p. 52. DOI: <https://doi.org/10.3390/fire4030052>

15. 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. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2018.08.005>

### **Information about Authors**

**Asel' N. Berdengalieva**, Junior Researcher, Laboratory of Geoinformation Modeling and Mapping of Agroforestry Landscapes, Federal Scientific Centre of Agroecology of the RAS, Prosp. Universitetsky, 97, 400062 Volgograd, Russian Federation, [berdengalieva-an@vfanc.ru](mailto:berdengalieva-an@vfanc.ru)

**Ruslan N. Berdengaliev**, Laboratory Assistant, Laboratory of Geoinformation Modeling and Mapping of Agroforestry Landscapes, Federal Scientific Centre of Agroecology of the RAS, Prosp. Universitetsky, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation; Student Department of Geography and Cartography, Volgograd State University, Prosp. Universitetsky, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation, [berdengaliev-r@vfanc.ru](mailto:berdengaliev-r@vfanc.ru)

### **Информация об авторах**

**Асель Нурлановна Берденгалиева**, младший научный сотрудник лаборатории геоинформационного моделирования и картографирования агролесоландшафтов, Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения РАН, просп. Университетский, 97, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация, [berdengalieva-an@vfanc.ru](mailto:berdengalieva-an@vfanc.ru)

**Руслан Нурланович Берденгалиев**, лаборант-исследователь лаборатории геоинформационного моделирования и картографирования агролесоландшафтов, Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения РАН, просп. Университетский, 97, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация; студент кафедры географии и картографии, Волгоградский государственный университет, просп. Университетский, 100, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация, [berdengaliev-r@vfanc.ru](mailto:berdengaliev-r@vfanc.ru)