

**АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ПЛОЩАДЕЙ СТЕПНЫХ ПОЖАРОВ  
В ЗАПАДНОМ КАЗАХСТАНЕ ПО ДАННЫМ  
ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ**

© 2023 г. С.С. Шинкаренко\*, А.Н. Берденгалиева\*\*,\*\*\*, В.В. Дорошенко\*\*\*, Я.А. Найчук\*\*\*

\*Институт космических исследований Российской академии наук  
Россия, 117997, г. Москва, ул. Профсоюзная, д. 84/32. E-mail: [shinkarenkos@vfanc.ru](mailto:shinkarenkos@vfanc.ru)

\*\*Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций

и защитного лесоразведения Российской академии наук  
Россия, 400062, г. Волгоград, Университетский пр-т, 97

\*\*\*Волгоградский государственный университет  
Россия, 400062, г. Волгоград, Университетский пр-т, д. 100

Поступила в редакцию 20.10.2022. После доработки 23.11.2022. Принята к публикации 11.12.2022.

Регулярные ландшафтные пожары способствуют изменению видового состава растительного покрова, активизации эрозионных процессов, уничтожают животных и их местообитания, служат источником эмиссий парниковых газов. По этим причинам крайне важно изучать пожарный режим ландшафтов. В то время как лесным пожарам посвящено множество исследований, травяные пожары вообще и степные в частности изучены намного хуже. В работе проанализирована динамика горимости зональных естественных ландшафтов трех регионов Западного Казахстана за 2001–2020 гг. по данным экспертного дешифрирования спутниковых изображений Landsat с верификацией по данным детектирования активного горения MCD14ML и выгоревших площадей MCD64A1, FireCCI51, GABAM. Всего идентифицировано 18.6 тыс. гарей, а общая выгоревшая площадь за период исследований составила почти 60% территории. Большая часть площади пройдена огнем очень крупных пожаров площадью более 25 тыс. га каждый, а самые крупные гари имели площадь более 500 тыс. га. Две трети всех выгоревших площадей пройдены огнем два и более раз, в том числе 43% – три и более раз. После 2010 г. горимость территории существенно снизилась, что связано в первую очередь с ростом поголовья скота, а во вторую – с ухудшением гидротермических условий. В засушливых условиях погода влияет на пожарный режим не как фактор для распространения огня, а как фактор для накопления достаточного количества горючего материала. Поэтому снижение сумм осадков, рост температур и пастбищных нагрузок способствуют снижению количества и площадей пожаров из-за уменьшения запасов растительной мортмассы.

*Ключевые слова:* дистанционное зондирование, природные пожары, Атырауская область, Актюбинская область, Западно-Казахстанская область, картографирование.

**DOI: 10.24412/1993-3916-2023-1-25-35**

**EDN: ENJGMV**

В конце 90-х гг. прошлого века из-за снижения сельскохозяйственной нагрузки на ландшафты степей и пустынь постсоветского пространства активизировались природные пожары (Павлейчик, 2016; Pavleichik, Chibilev, 2018). Также причиной этому служило улучшение гидротермических условий на рубеже веков (Спивак и др., 2011; Zolotokrylin et al., 2016), вызвавшее накопление растительной ветоши в условиях снижения пастбищных нагрузок (Dubinin et al., 2011). Пожары разрушают местообитания животных, меняют состав фауны беспозвоночных (Немков, Сапига, 2010; Опарин, Опарина, 2003). Кроме этого, в результате пирогенного воздействия изменяются спектрально-отражательные свойства гарей, что может проследиваться на протяжении многих лет в виде увеличения альбедо (Шинкаренко, 2021) и соответственно влиять на локальные климатические процессы (Золотокрылин, Титкова, 2011). Пирогенное воздействие вызывает изменения ботанического состава растительных сообществ: полукустарнички замещаются злаками (Родин, 1981;

Рябина и др., 2018; Тереножкин, 1936), что может отрицательно сказываться на кормовой обеспеченности сайгаков Заволжско-Уральской популяции (Abaturov, Dzarova, 2015). По этим причинам для анализа динамики состояния ландшафтов очень важно иметь достоверные и точные данные о границах пожаров, их количестве и длительности пирогенных сукцессий, поскольку имеющиеся работы не учитывают пирогенный фактор (например, Спивак и др., 2011; Золотокрылин, Титкова, 2011; Zolotokrylin et al., 2018). Эмиссии парниковых газов от травяных пожаров практически не учитываются, следовательно, не попадают в национальные кадастры. Существующие исследования и системы мониторинга направлены в первую очередь на изучение лесных пожаров (Барталев и др., 2012; 2017). Ранее подобная работа была проведена для аридных ландшафтов России (Шинкаренко и др., 2022б). Интерес представляет динамика пожарного режима Западного Казахстана – региона со сходными природно-климатическими условиями с юго-востоком европейской России, но имеющего отличия в величинах и пространственном распределении антропогенных нагрузок. Существующие исследования пожаров в Западном Казахстане охватывают только отдельные годы (Архипкин и др., 2007; Павлейчик, 2019; Шинкаренко, 2019), выполнены в мелком масштабе на большую территорию (Loboda et al., 2012; Xu et al., 2021; Zong et al., 2020), либо касаются лесных пожаров (Архипкин и др., 2014).

Целью исследований является анализ горимости зональных естественных ландшафтов Западного Казахстана за 2001–2020 гг. Период исследований связан с наличием данных информационных продуктов детектирования пожаров по данным прибора MODIS, запущенного на спутнике Terra в 2000 г.

### Материалы и методы

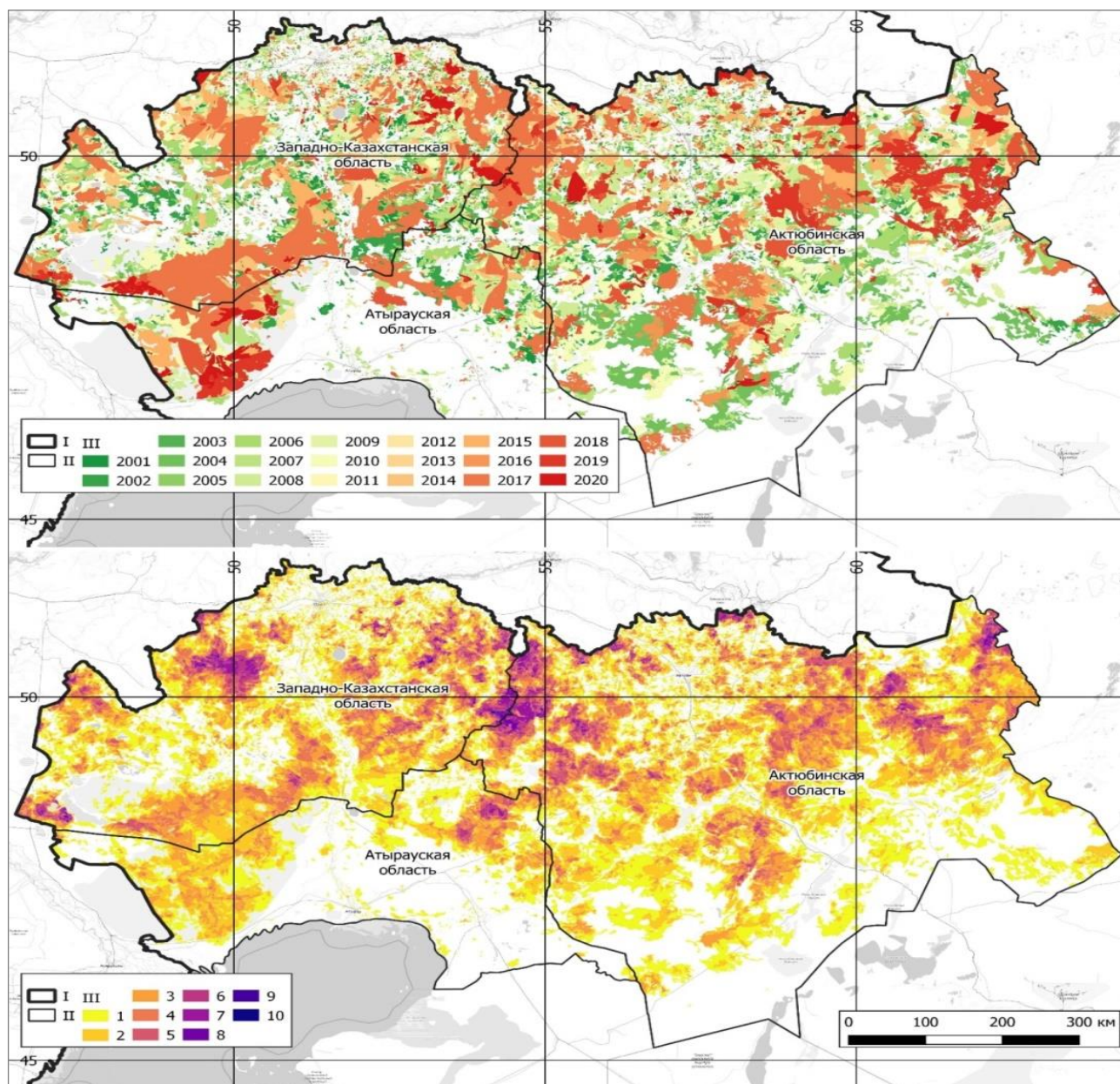
Исследование охватывает три области Западного Казахстана: Актюбинскую, Атыраускую и Западно-Казахстанскую. Картографирование выгоревших площадей основано на экспертном дешифрировании спутниковых изображений Landsat 5, 7, 8 пространственного разрешения 30 м. Использовались цветосинтезированные RGB-композиции как видимого диапазона, так и с включением коротковолнового и ближнего инфракрасного диапазона. Подобный метод широко используется в картографировании ландшафтных пожаров (Барталев и др., 2012; Павлейчик, 2018; 2019; Шинкаренко, 2018; Шинкаренко, Берденгалиева, 2019; Шинкаренко и др., 2022а; 2022б; Stroppiana et al., 2012), поэтому в данной работе подробно не описывается. Данные Landsat позволяют с большей точностью картографировать гари по сравнению со спутниковыми изображениями более низкого разрешения (Dubinin et al., 2010; Шинкаренко и др., 2022б). Для дополнительной верификации использовались информационные продукты детектирования активного горения по данным MODIS (Giglio et al., 2006) и выгоревших площадей MCD64A1 (Giglio et al., 2018), FireCCI51 (Chuvieco et al., 2018) и GAVAM (Long et al., 2019). При этом по отдельности эти информационные продукты не позволяют определять выгоревшие площади с достаточной точностью (Берденгалиева, Шинкаренко, 2020). В регионе преобладают пожары летне-осеннего периода (Шинкаренко и др., 2021а), поэтому использовались преимущественно спутниковые изображения с июня по октябрь.

Данные о среднемесячных температурах и осадках по метеостанциям «Актобе», «Атырау», «Калмыково (Тайпак)», «Уральск» приводятся согласно сервису АИСОРИ (Автоматизированная Информационная Система Обработки Режимной Информации) ВНИИ Гидрометеорологической информации – Мирового центра данных (Бульгина и др., 2014; 2015). Спутниковые данные получены с помощью сервиса «Vegetation Science» (Lourian et al., 2022), функционирующего в рамках Центра коллективного пользования (ЦКП) «ИКИ-Мониторинг» (Луриян и др., 2019). Данные о поголовье скота получены на сайте Бюро национальной статистики агентства по стратегическому планированию и реформам Республики Казахстан (Бюро..., 2022). Пожары разбиты на размерные классы, предложенные в работе Дубинина (Дубинин и др., 2010). Обработка спутниковых данных, экспертное дешифрирование, геоинформационный анализ выполнены в программе QGIS, статистическая обработка данных осуществлялась с использованием Microsoft Office Excel. Границы областей и базовая карта приводятся по данным сервиса Open Street Map.

### Результаты и обсуждение

В результате экспертного дешифрирования спутниковых данных за 2001–2020 гг. идентифицировано 18.6 тыс. гарей общей площадью без учета повторяемости 80.7 млн га (рис. 1).

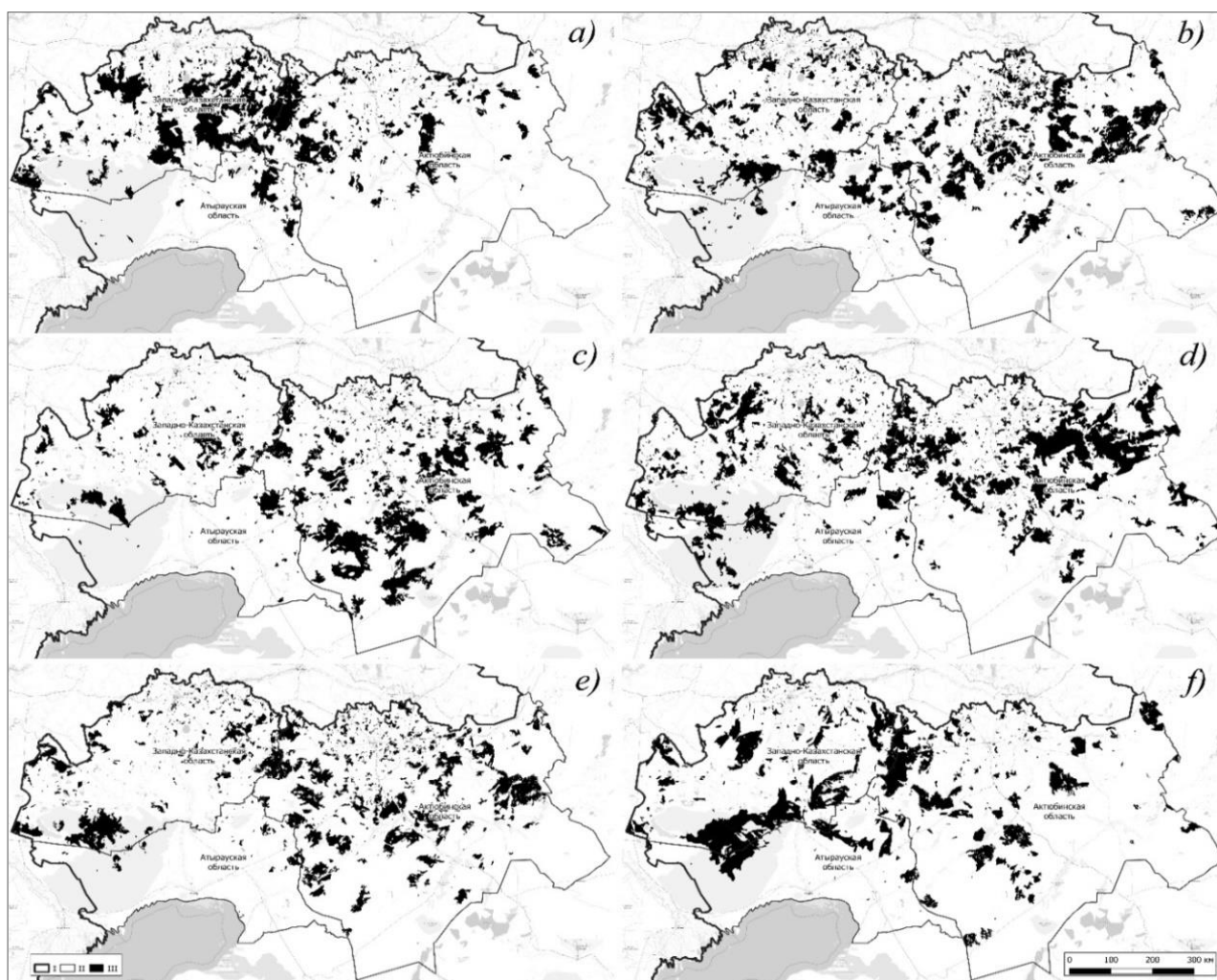
При этом отдельные пожары имели площадь более 200–300 тыс. га (рис. 2). Таким образом, в среднем ежегодно отмечалось 930 пожаров общей площадью 4 млн га. Среднемноголетняя горимость составила 7.1% (таблица), что почти вдвое превышает этот показатель для регионов юго-востока европейской России (Шинкаренко и др., 2022б). Наибольшие выгоревшие площади отмечены в 2001, 2002, 2004, 2006, 2010 и 2017 гг., в каждый из которых выгорело более 6–7 млн га (см. рис. 2). Рекордным является 2006 г., когда площадь гарей достигла 9.6 млн га (17% территории исследований). Стоит отметить, что на территории России этот год также стал одним из рекордных по площади степных пожаров, когда выгорело 10% зональных естественных ландшафтов Астраханской, Волгоградской областей и Калмыкии (Шинкаренко и др., 2022б).



**Рис. 1.** Пространственно-временное распределение выгоревших площадей (вверху: I – государственная граница, II – границы областей, III – гарь) и количество пожаров за 2001–2020 гг. (внизу: I – государственная граница, II – границы областей, III – количество пожаров).

По данным (Loboda et al., 2012), согласно информационному продукту площадь выгоревших территорий MCD45A1 в 2006 г. в Центральной Азии пожаров составила около 18 млн га, а в 2001 г. –

всего около 8 млн га. По результатам (Архипкин и др., 2007), полученным по данным MODIS, в Западно-Казахстанской области наибольшие выгоревшие площади отмечены в 2001 г. – почти 3 млн га, более 2 млн га гарей зафиксировано в 2002 и 2006 гг. В 2003–2005 гг. выгоревшие площади были на уровне 1.0–1.5 млн га. Для Актюбинской области в этой работе приводятся сведения за 2003–2006 гг., максимальная площадь пожаров была в 2006 г. (примерно 5.1 млн га) и в 2004 г. (около 4.7 млн га). По данным экспертного дешифрирования общая площадь пожаров в Актюбинской области составила в эти годы 5.9 и 5.7 млн га, соответственно. В Западно-Казахстанской области в 2001 г. выгорело 3.8 млн га, в 2002 и 2006 гг. по 2.8 млн га. Таким образом, можно констатировать, что имеющиеся оценки площадей гарей существенно занижены, это может быть связано с используемыми технологиями картографирования выгоревших площадей, основанными большей частью на данных детектирования активного горения. Установлено, что архив тепловых аномалий не в полной мере охватывает площади гарей (Павлейчик, 2019; Шинкаренко, 2019), по этой причине их использование ведет к существенному недоучету площадей пожаров на нелесных землях.



**Рис. 2.** Наибольшие выгоревшие площади. Условные обозначения: а – 2001 г., б – 2002 г., с – 2004 г., д – 2006 г., е – 2010 г., ф – 2017 г.; I – государственная граница, II – границы областей, III – гарь.

Большая часть выгоревших площадей (74%) представлена очень крупными пожарами площадью более 25 тыс. га каждый (рис. 3), доля которых от общего числа составляет всего 3%. Среди исследованных регионов количество пожаров этого размерного класса составляет от 2% – в Атырауской области, до 5% – в Актюбинской. При этом количественно преобладают пожары площадью до 1000 га каждый (76% всего количества), на долю которых приходится 3% всей выгоревшей площади: от 2.5% в Актюбинской и Западно-Казахстанской областях, до 4.5% – в

Атырауской. Такое же распределение пожаров по размерным классам пожаров, когда значительная часть выгоревших площадей представлена относительно небольшим количеством очень крупных пожаров, характерно как для зональных ландшафтов других регионов (Шинкаренко и др., 2022б), так и для интразональных речных пойм, например, дельты Волги (Шинкаренко и др., 2022а). Для распространения подобных пожаров требуется наличие ряда условий: пожароопасная погода, наличие горючего материала на значительных площадях и отсутствие препятствий для распространения огня, например, дорог, водоемов, каналов, минерализованных полос, противопожарных разрывов и т.п. В летне-осенний период в регионе исследований обычно устанавливается сухая и жаркая погода, поэтому горимость в большей степени определяется наличием горючего материала (Шинкаренко и др., 2022б) и отсутствием препятствий для продвижения огня. Как правило, самые крупные пожары приурочены к «Особо охраняемым природным территориям» (ООПТ) или к большим неиспользуемым в сельском хозяйстве участкам (Шинкаренко, Берденгалиева, 2019; Шинкаренко и др., 2021б). Например, в 2017 г. на границе Атырауской и Западно-Казахстанской областей отмечены гари площадью 965 и 624 тыс. га каждая, которые были пройдены огнем за 19 и 16 дней. соответственно, пожары при этом покрывали в среднем 40-50 тыс. га в сутки (Шинкаренко, 2019). Подобные пожары могут происходить только на слабозаселенных и плохо освоенных территориях, где отсутствуют препятствия для продвижения фронта пожара и не принимаются меры по борьбе с огнем.

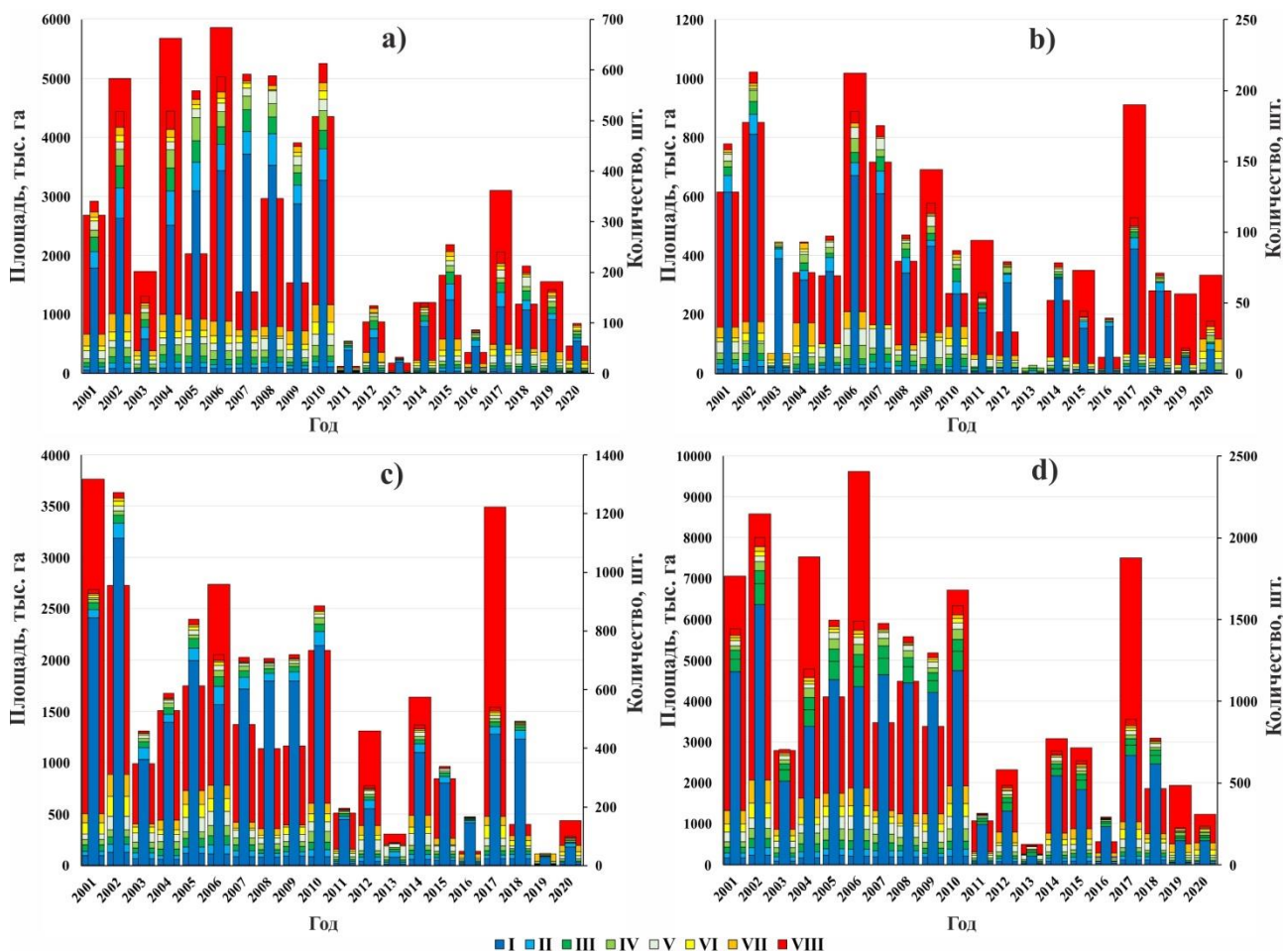
**Таблица.** Среднегодовые показатели площади, количества пожаров и горимости

Показатель		Регион			Всего
		Актюбинская область	Атырауская область	Западно-Казахстанская область	
Площадь, млн га	2001–2020 гг.	2.2	0.4	1.4	4.0
	2001–2010 гг.	3.2	0.6	1.9	5.7
	2011–2020 гг.	1.4	0.3	1.0	2.7
Количество, шт.	2001–2020 гг.	238	47	247	531
	2001–2010 гг.	349	68	351	768
	2011–2020 гг.	146	30	161	337
Горимость, %	2001–2020 гг.	7.3	3.7	9.3	7.1
	2001–2010 гг.	11.0	4.7	12.6	10.0
	2011–2020 гг.	3.5	2.7	6.0	4.0
k, %/год		-0.55	-0.13	-0.63	-0.49
r		0.55	0.31	0.53	0.58
r (годовые значения)	Поголовье	-0.43	-0.07	-0.47	-0.55
	Осадки	-0.11	-0.01	-0.13	-0.17
	Температура	-0.17	-0.29	-0.32	0.15
r (скользящие средние)	Поголовье	-0.72	-0.04	-0.82	-0.86
	Осадки	0.32	-0.19	0.76	0.28
	Температура	-0.66	-0.61	-0.82	-0.63

**Примечание:** k – угловой коэффициент линейного тренда выгоревших площадей, r – коэффициент корреляции, курсив – значимые коэффициенты при  $p > 0.95$ .

В исследовании (Bistinas et al., 2013) для Казахстана не установлено значимой корреляции между плотностью населения и горимостью согласно Глобальной базе данных эмиссий от пожаров (GFED). Это может быть связано с двунаправленным влиянием хозяйственного освоения территории: с одной стороны, чем меньше плотность населения, тем меньше источников огня, так как основная причина пожаров в регионе антропогенная (Yan et al., 2006), с другой – чем ниже освоенность территории, тем меньше препятствий для распространения фронта пожара. Кроме того, важен тип использования

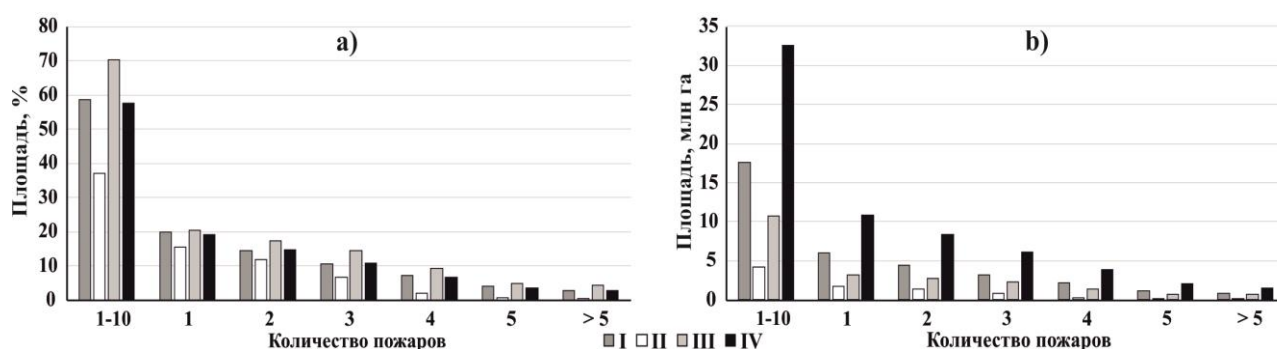
земель. В регионах с высокой долей пашни преобладают небольшие по площади пожары, которые приурочены к неудобьям (балкам, оврагам и т.п.), либо являются палами на отдельных полях. На пастбищных землях площади пожаров больше. Широотно-зональные особенности обуславливают как погодные условия для распространения пожаров и наличие горючего материала, так и являются фактором расселения и аграрной специализации, что в совокупности определяет пожарный режим территории в нелесной зоне (Павлейчик, 2019).



**Рис. 3.** Динамика площадей и количества пожаров разных размерных классов. Условные обозначения: а – Актыубинская область, б – Атырауская область, с – Западно-Казахстанская область, d – вся территория исследований; I – до 1 тыс. га, II – 1–2 тыс. га, III – 2–3.5 тыс. га, IV – 3.5–6.0 тыс. га, V – 6–10 тыс. га, VI – 10–15 тыс. га, VII – 15–25 тыс. га, VIII – более 25 тыс. га.

Всего за период исследований пройдено огнем 57.5% всей территории (рис. 4) или 32.5 млн га. При этом наибольшее количество пожаров составило 10 случаев на площади 1.8 тыс. га. Две трети выгоревшей площади были пройдены огнем два и более раз, в том числе 43% гарей пройдено три и более раз. Это сопоставимо с частотой пожаров в Астраханской области (Шинкаренко, 2018) и Калмыкии (Шинкаренко и др., 2022б), но меньше, чем на территории Заволжья Волгоградской области (Шинкаренко, Берденгалиева, 2019). Наибольшая доля земель, подвергнувшихся пирогеенному воздействию, расположена в Западно-Казахстанской области (70.3%). Увеличение частоты пожаров способствует замещению полукустарничков дерновинными злаками, например, *Agropyron* spp., *Stipa* spp., *Festuca* spp. (Родин, 1981; Рябинина и др., 2018; Тереножкин, 1936) заканчивают вегетацию уже в первой половине лета. При высокой сомкнутости они могут способствовать распространению пожаров. Таким образом, пирогеенное воздействие на ландшафты приводит к изменению видового состава сообществ в сторону устойчивых к пожарам видов, но которые, в свою очередь, могут увеличивать горимость территории. По мере продвижения на юг

частота пожаров снижается, это может быть связано с худшими условиями для развития растительности и, соответственно, большими временными промежутками, которые требуются для накопления растительной ветоши.



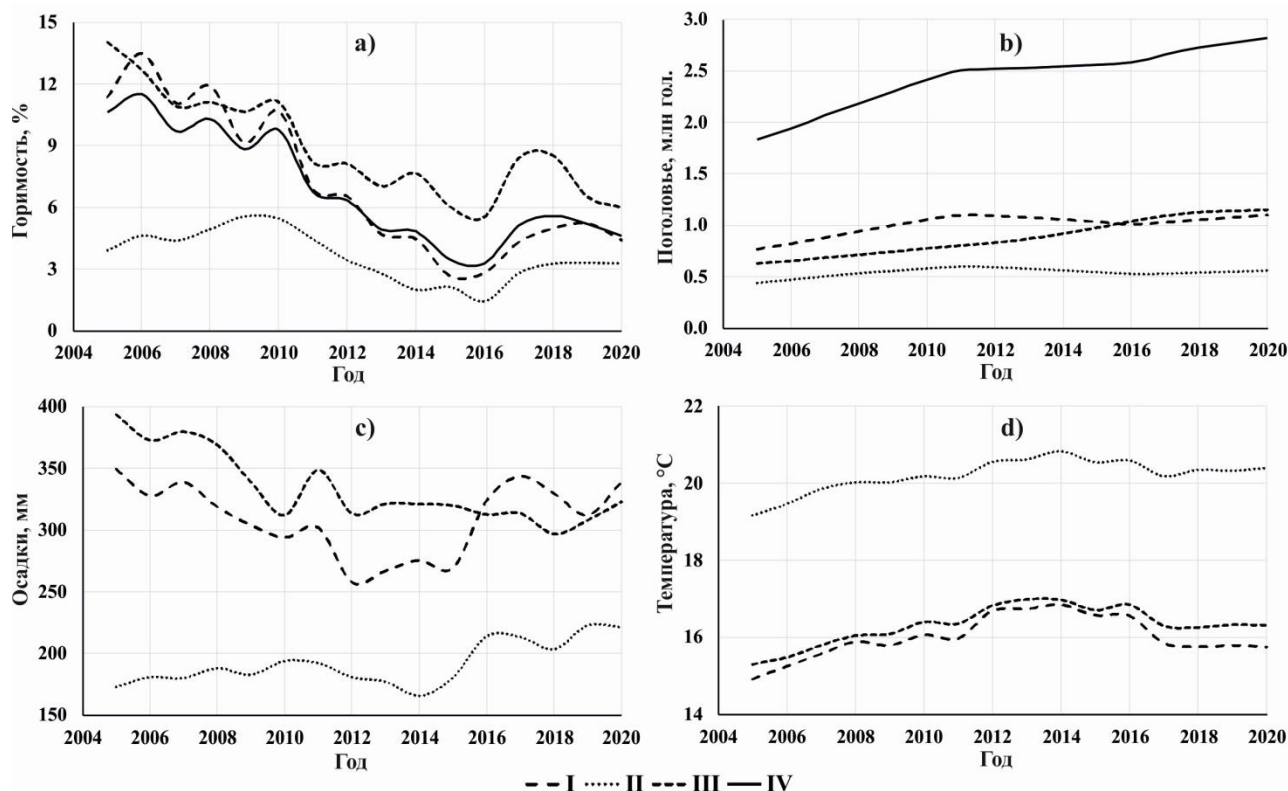
**Рис. 4.** Доля площади регионов (а) и площади участков (б) с разным количеством пожаров (I – Актюбинская область, II – Атырауская область, III – Западно-Казахстанская область, IV – вся территория исследований).

Горимость региона исследований характеризуется значимым отрицательным трендом (см. таблицу). При этом характерно резкое снижение выгоревших площадей после 2010 г. Такие же тенденции горимости зональных ландшафтов наблюдаются и в степной, и пустынной зоне России (Шинкаренко и др., 2021а, 2022б). На территории Западного Казахстана горимость в 2011–2020 гг. сократилась вдвое по сравнению с периодом 2001–2010 гг. В Атырауской области нет значимого тренда горимости и связи площадей пожаров с динамикой поголовья. Это может быть обусловлено низкой продуктивностью пастбищ среди региона исследований (Спивак и др., 2011), горимость этого региона также минимальна.

Анализ влияния климатического фактора не выявил значимой связи между горимостью, среднегодовой и максимальной температурой, средней температурой вегетационного периода, суммами осадков за календарный, гидрологический год, за вегетацию. Установлено только значимое влияние поголовья скота на горимость, причем максимальные по модулю коэффициенты корреляции с поголовьем овец и коз, а не с приведенной к условным головам общей численности с учетом крупного рогатого скота и лошадей. Это связано с наибольшим негативным воздействием на почвенно-растительный покров именно овец и коз (Кулик и др., 2016; Шинкаренко, 2015). При этом горимость возрастает по мере удаления от населенных пунктов и животноводческих ферм, что связано со снижением пастбищных нагрузок и соответствующим накоплением растительной мортмассы (Daga et al., 2020). В Казахстане пастбищные нагрузки, выраженные в условных головах овец на гектар, примерно в два раза ниже, чем в Калмыкии и Астраханской области в России. Возможно, что именно с этим фактором связана вдвое большая горимость Западного Казахстана в сравнении с российскими регионами. Также на зональных ООПТ европейской части России, где запрещен выпас, горимость значительно выше, чем в окрестностях (Шинкаренко и др., 2021б).

Поскольку для возникновения и распространения пожаров в засушливых условиях требуется накопление растительной ветоши в течение нескольких лет, связь между скользящими средними по пятилетиям выражена намного сильнее, чем по ежегодным данным (см. таблицу, рис. 5). Максимальная горимость 2001–2010 гг. связана с восстановлением растительности при улучшении гидротермических условий на фоне снижения поголовья скота (Xu et al., 2021; Zong et al., 2020). Таким образом, снижение сумм осадков, повышение температур, пастбищные нагрузки снижают запас растительной массы, в результате ветошь либо не накапливается, либо требуется более длительный период ее накопления для создания условий для распространения пожаров. Такие же тенденции отмечены в Астраханской, Волгоградской областях и Калмыкии (Шинкаренко, и др., 2022б). С другой стороны, в работе (Xu et al., 2021) отмечена отрицательная корреляция площадей пожаров с суммами осадков, относительной влажностью воздуха и почв и положительная – с частотой засушливых дней. Это различие может быть обусловлено разницей в почвенно-климатических условиях. По данным (Xu et al., 2021; Zong et al., 2020), большая часть пожаров приходится на центральную и восточную часть Казахстана, где среднегодовые

температуры значительно ниже, а годовые суммы осадков – больше на 50–150 мм. В таких более благоприятных для развития растительности условиях влияние погоды в меньшей степени сказывается на величине фитомассы, но в большей степени – на условиях распространения пожаров (Павлейчик, 2019). Подобное характерно для типичных степей в северной части Волгоградской области (Шинкаренко и др., 2022б; Шинкаренко, Берденгалиева, 2019).



**Рис. 5.** Динамика скользящих средних по пятилетиям горимости (а), поголовья овец и коз (б), осадков за гидрологический год (с) и температур вегетационного периода (д); I – Актыубинская область, II – Атырауская область, III – Западно-Казахстанская область, IV – вся территория исследований).

### Выводы

На основе экспертного дешифрирования идентифицировано более 18 тыс. пожаров в Западном Казахстане за 2001–2020 гг., среднегодовая горимость составила 7.1%. В количественном отношении преобладают пожары площадью до 1 тыс. га, но 74% выгоревшей площади представлено относительно небольшим количеством очень крупных пожаров площадью от 25 тыс. га каждый. Низкая плотность населения и слабое хозяйственное освоение, с одной стороны, способствуют распространению огня на огромные площади, с другой стороны, снижают возможности возникновения пожаров, поскольку подавляющее их большинство происходит по вине человека.

Более половины территории пройдено огнем за период исследований, при этом две трети этой площади выгорели два и более раз. Максимальная частота пожаров составила 10 случаев за 20 лет на площади 1.8 тыс. га. Таким образом, пирогенное воздействие является существенным фактором динамики состояния растительного покрова в регионе.

Горимость зональных ландшафтов Западного Казахстана была максимальной в 2001–2010 гг. в период наименьшей численности домашнего скота и относительно благоприятных гидротермических условий. За 2011–2020 гг. горимость снизилась примерно в два раза по сравнению с предыдущим десятилетием. Наибольшее влияние на снижение площадей пожаров оказывают пастбищные нагрузки и гидротермические условия. Снижение годовых сумм осадков, рост температур вегетационного периода уменьшают фитомассу, а выпас препятствует накоплению ветоши. Только в Атырауской области нет связи горимости с величиной поголовья скота, что может быть связано с



наименьшей продуктивностью ландшафтов в этом регионе.

Разработанные электронные карты выгоревших площадей и количества пожаров позволят определить длительность пирогенных сукцессий после пожаров разных лет. Эта информация позволит оценить последствия воздействия пирогенного фактора на растительный покров в Западном Казахстане, как наземными методами, так и по данным дистанционного зондирования Земли из космоса, например, на основе вегетационных индексов. Кроме того, на участках с наибольшей частотой пожаров необходима оптимизация противопожарных мероприятий.

*Финансирование.* Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках проекта № 19-35-60007 «Пространственно-временные закономерности динамики состояния аридных пастбищных ландшафтов на основе анализа спектрально-отражательных свойств».

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Архипкин О.П., Спивак Л.Ф., Сагатдинова Г.Н. 2007. Пятилетний опыт оперативного космического мониторинга пожаров в Казахстане // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. Т. 1. № 4. С. 103-110.
- Архипкин О.П., Сагатдинова Г.Н., Бралинова Ж.А. 2014. Дистанционная оценка ущерба от лесных пожаров в системе космического мониторинга ЧС в Казахстане // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. Т. 11. № 3. С. 203-214.
- Барталев С.А., Егоров В.А., Ефремов В.Ю., Лупян Е.А., Стыценко Ф.В., Флитман Е.В. 2012. Оценка площади пожаров на основе комплексирования спутниковых данных различного пространственного разрешения MODIS и Landsat-TM/ETM+ // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. Т. 9. № 2. С. 9-27.
- Барталев С.А., Стыценко Ф.В., Хвостиков С.А., Лупян Е.А. 2017. Методология мониторинга и прогнозирования пирогенной гибели лесов на основе данных спутниковых наблюдений // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. Т. 14. № 6. С. 176-193.
- Берденгалиева А.Н., Шинкаренко С.С. 2020. Дешифрирование нелесных пожаров в условиях речных пойм // Научно-агрономический журнал. № 4. С. 43-48.
- Булыгина О.Н., Разуваев В.Н., Трофименко Л.Т., Швец Н.В. 2014. Описание массива данных среднемесячной температуры воздуха на станциях России. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2014621485 [Электронный ресурс <http://meteo.ru/data/156-temperature#описание-массива-данных> (дата обращения 14.05.2022)].
- Булыгина О.Н., Разуваев В.Н., Коршунова Н.Н., Швец Н.В. 2015. Описание массива данных месячных сумм осадков на станциях России. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2015620394 [Электронный ресурс <http://meteo.ru/data/158-total-precipitation#описание-массива-данных> (дата обращения 14.05.2022)].
- Бюро национальной статистики Агентства по стратегическому планированию и реформам Республики Казахстан. 2022 [Электронный ресурс <https://stat.gov.kz/region/list> (дата обращения 20.04.2022)].
- Дубинин М.Ю., Луцкекина А.А., Раделоф Ф.К. 2010. Оценка современной динамики пожаров в аридных экосистемах по материалам космической съемки (на примере Черных земель) // Аридные экосистемы. Т. 6. № 3. С. 5-16.
- Золотокрылин А. Н., Титкова Т. Б. 2011. Тенденция опустынивания Северо-Западного Прикаспия по MODIS-данным // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. Т. 8. № 2. С. 217-225.
- Кулик К.Н., Есмагулова Б.Ж., Кошелева О.Ю., Мушаева К.Б., Шинкаренко С.С. 2016. Изменение фитоценозов Волго-Уральского междуречья под влиянием пастбищных нагрузок // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. № 4. С. 25-32.
- Лупян Е.А., Прошин А.А., Бурцев М.А., Кашицкий А.В., Балашов И.В., Барталев С.А., Константинова А.М., Кобец Д.А., Мазуров А.А., Марченков В.В., Матвеев А.М., Радченко М.В., Сычугов И.Г., Толпин В.А., Уваров И.А. 2019. Опыт эксплуатации и развития центра коллективного пользования системами архивации, обработки и анализа спутниковых данных (ЦКП «ИКИ-Мониторинг») // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. Т. 16. № 3. С. 151-170.
- Немков В.А., Сапига Е.А. 2010. Влияние пожаров на фауну наземных членистоногих заповедных степных экосистем // Экология. № 2. С. 141-147.
- Опарин М.Л., Опарина О.С. 2003. Влияние палов на динамику степной растительности // Поволжский экологический журн. № 2. С. 158-171.
- Павлейчик В.М. 2016. К вопросу об активизации степных пожаров (на примере Заволжско-Уральского региона) // Вестник ВГУ. Серия: География. Геоэкология. № 3. С. 15-25.

- Павлейчик В.М.* 2018. Опыт применения данных дистанционного зондирования Земли в исследованиях степных пожаров // Успехи современного естествознания. № 11. С. 377-382.
- Павлейчик В.М.* 2019. Широтно-зональная неоднородность развития травяных пожаров в Заволжско-Уральском регионе // Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН. № 2. С. 1-14.
- Родин Л.Е.* 1981. Пирогенный фактор и растительность аридной зоны // Ботанический журнал Т. 66. № 12. С. 1673-1684.
- Рябинина Н.О., Канищев С.Н., Шинкаренко С.С.* 2018. Современное состояние и динамика степных геосистем юго-востока Русской равнины (на примере природных парков Волгоградской области) // Юг России: экология, и развитие. № 1. С. 116-127.
- Спивак Л.Ф., Витковская И.С., Терехов А.Г., Батырбаева М.Ж.* 2011. Мониторинг долговременных изменений растительного покрова аридных и полуаридных зон Казахстана с использованием данных дистанционного зондирования // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. Т. 8. № 1. С. 163-169.
- Тереножкин И.И.* 1936. О влиянии пожаров на растительность полупустыни // Природа. № 9. С. 45-49.
- Шинкаренко С.С.* 2015. Оценка влияния выпаса на ландшафты Приэльтона // Научное обозрение. № 14. С. 10-15.
- Шинкаренко С.С.* 2018. Оценка динамики площадей степных пожаров в Астраханской области // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. Т. 15. № 1. С. 138-146.
- Шинкаренко С.С.* 2019. Пожарный режим ландшафтов Северного Прикаспия по данным очагов активного горения // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. Т. 16. № 1. С. 121-133.
- Шинкаренко С.С.* 2021. Изменение спектрально-отражательных характеристик зональных ландшафтов Северного Прикаспия при пирогенном воздействии // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. Т. 18. № 3. С. 192-206.
- Шинкаренко С.С., Берденгалиева А.Н.* 2019. Анализ многолетней динамики степных пожаров в Волгоградской области // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. Т. 16. № 2. С. 98-110.
- Шинкаренко С.С., Дорошенко В.В., Берденгалиева А.Н., Комарова И.А.* 2021а. Динамика горимости аридных ландшафтов России и сопредельных территорий по данным детектирования активного горения // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. Т. 18. № 1. С. 149-164.
- Шинкаренко С.С., Иванов Н.М., Берденгалиева А.Н.* 2021б. Пространственно-временная динамика выгоревших площадей на федеральных ООПТ юго-востока Европейской России // Nature Conservation Research. Заповедная наука. Т. 6. № 3. С. 23-44.
- Шинкаренко С.С., Барталев С.А., Берденгалиева А.Н., Иванов Н.М.* 2022а. Пространственно-временной анализ горимости пойменных ландшафтов Нижней Волги // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. Т. 19. № 1. С. 143-157.
- Шинкаренко С.С., Дорошенко В.В., Берденгалиева А. Н.* 2022б. Динамика площади гарей в зональных ландшафтах юго-востока европейской части России // Известия Российской академии наук. Серия географическая. Т. 86. № 1. С. 122-133.
- Abaturov B.D., Dzarova R.R.* 2015. Forage availability to saigas (*Saiga tatarica*) and their state on steppe pastures with a different ratio of graminoid plants and forbs // Biology Bulletin. Vol. 42. P. 163-170.
- Bistinas I., Oom D., Sa A.C., Harrison S.P., Prentice I.C., Pereira J. M. C.* 2013. Relationships between Human Population Density and Burned Area at Continental and Global Scales // PLoS ONE. Vol. 8. No. 12. P. 81188.
- Chuvienco E., Pettinari M.L., Lizundia-Loiola J., Storm T., Padilla Parellada M.* 2018. ESA Fire Climate Change Initiative (Fire\_cci): MODIS Fire\_cci Burned Area Pixel product, version 5.1. Centre for Environmental Data Analysis.
- Dara A., Baumann M., Holzel N., Hostert P., Kamp J., Muller D., Ullrich B., Kuemmerle T.* 2020. Post-Soviet Land-Use Change Affected Fire Regimes on the Eurasian Steppes // Ecosystems. Vol. 23. P. 943-956.
- Dubin M., Potapov P., Lushekina A., Radeloff V.C.* 2010. Reconstructing long time series of burned areas in arid grasslands of southern Russia by satellite remote sensing // Remote Sensing of Environment. Vol. 114. P. 1638-1648.
- Dubin M., Lushekina A., Radeloff V.C.* 2011. Climate, Livestock, and Vegetation: What Drives Fire Increase in the Arid Ecosystems of Southern Russia? // Ecosystems. Vol. 14. P. 547-562.
- Giglio L., Desloîtres J., Justice C.O., Kaufman Y.J.* 2006. An enhanced contextual fire detection algorithm for MODIS // Remote Sensing of Environment. Vol. 87. P. 273-282.
- Giglio L., Boschetti L., David P. R., Humber M.L., Justice C.O.* 2018. The Collection 6 MODIS burned area mapping algorithm and product // Remote Sensing of Environment. Vol. 217. P. 72-85.
- Loboda T.V., Giglio L., Boschetti L., Justice C.O.* 2012. Regional fire monitoring and characterization using global NASA MODIS fire products in dry lands of Central Asia // Frontiers of Earth Science. Vol. 6. No. 2. P. 196-205.
- Long T., Zhang Z., He G., Jiao W., Tang C., Wu B., Zhang X., Wang G., Yin R.* 2019. 30 m Resolution Global Annual Burned Area Mapping Based on Landsat Images and Google Earth Engine. Remote Sens. No. 11. P. 489.
- Loupian E., Burtsev M., Proshin A., Kashnitskii A., Balashov I., Bartalev S., Konstantinova A., Kobets D., Radchenko M., Tolpin V., Uvarov I.* 2022. Usage Experience and Capabilities of the VEGA-Science System // Remote

- Sensing. Vol. 14. No. 1. P. 77.
- Pavleichik V.M., Chibilev A.A.* 2018. Steppe fires in conditions the regime of reserve and under changing anthropogenic impacts // *Geography and natural resources*. Vol. 39. No. 3. P. 212-221.
- Stroppiana D., Bordogna G., Carrara P., Boschetti M., Boschetti L., Brivio P.A.* 2012. A method for Extracting Burned Areas From Landsat TM/ETM + Images by Soft Aggregation of Multiple Spectral Indices and a Region Growing Algorithm // *J. Photogramm. Remote Sens.* Vol. 69. P. 88-102.
- Xu Y., Lin Z., Wu C.* 2021. Spatiotemporal Variation of the Burned Area and Its Relationship with Climatic Factors in Central Kazakhstan // *Remote Sensing*. Vol. 13. No. 2. P. 313.
- Yan X., Ohara T., Akimoto H.* 2006 Bottom-up estimate of biomass burning in Mainland China. *Atmospheric Environment*. Vol. 40. No. 27. P. 5262-5273.
- Zolotokrylin A.N., Titkova T. B., Cherenkova E. A., Vinogradova V. V.* 2016. Dynamics of Summer Moistening and Biophysical Parameters of Arid Pastures in the European Part of Russia in 2000-2014 // *Arid Ecosystems*. Vol. 6. No. 1. P. 1-7.
- Zolotokrylin A.N., Titkova T. B., Bazha S. N., Syrtylova S. H. D.* 2018. Trends in Livestock Numbers and Spectral Properties of the Pasture Surface: Case Study of the Middle Gobi Aimag of Mongolia // *Arid Ecosystems*. 2018. Vol. 8. No. 3. P. 153-160.
- Zong X, Tian X, Yin Y.* 2020. Impacts of Climate Change on Wildfires in Central Asia // *Forests*. Vol. 11. No. 8. P. 802.