

## ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

УДК 502.57 (252.51):614.84

DOI: 10.21782/GIPR0206-1619-2018-3(38-48)

**В.М. ПАВЛЕЙЧИК, А.А. ЧИБИЛЁВ**Институт степи УрО РАН, 460000, Оренбург, ул. Пионерская, 11, Россия,  
pavleychik@rambler.ru, orensteppe@mail.ru

### СТЕПНЫЕ ПОЖАРЫ В УСЛОВИЯХ ЗАПОВЕДНОГО РЕЖИМА И ИЗМЕНЯЮЩЕГОСЯ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Предложен анализ геоинформационных данных о распространении степных пожаров, ареалы которых идентифицированы на основе серии изображений спутников Landsat за 1984–2015 гг. Выбраны пять ключевых участков, расположенных в различных географических районах Заволжья и Южного Урала и охватывающих кластеры государственного заповедника «Оренбургский», а также прилегающие к ним сельскохозяйственно осваиваемые территории. На основе анализа многолетней динамики определена повсеместная тенденция активизации степных пожаров. Начиная с середины 1990-х гг. до настоящего времени она проявляется в значительном увеличении площади распространения и повторяемости. Установлено, что причиной активизации пожаров в степных регионах выступает резкое сокращение сельскохозяйственного производства, сопровождающееся восстановлением фитоценозов на неиспользуемых угодьях, накоплением растительной ветоши. Определено, что на фоне благоприятных условий развития пожаров возросла значимость погодно-климатических факторов, проявляющаяся в более высокой амплитуде колебаний площадей гарей, особенно в аномальные годы. Данные о современной периодичности травяных пожаров, как на заповедных участках, так и на значительной части сельскохозяйственных угодий, свидетельствуют, что растительный покров и другие компоненты степных экосистем постоянно находятся в состоянии постпирогенной сукцессии. На примере одного из участков (Буртинская степь) выявлена высокая восстановительная способность древесно-кустарниковых урочищ в пределах занимаемых ими экотопов. Отмечено, что абсолютный заповедный режим, исключающий любую хозяйственную деятельность, в сочетании с активизацией пожарных явлений на прилегающих территориях приводит к формированию острой пожароопасной обстановки. Отмечена необходимость формирования единой системы пожарного экологического мониторинга.

Ключевые слова: заповедник «Оренбургский», космические изображения Landsat, многолетняя динамика, активизация, противопожарные мероприятия.

**V.M. PAVLEICHIK, A.A. CHIBILEV**Institute of Steppe, Ural Branch, Russian Academy of Sciences, 460000, Orenburg, ul. Pionerskaya, 11, Russia,  
pavleychik@rambler.ru, orensteppe@mail.ru

### STEPPE FIRES IN CONDITIONS THE REGIME OF RESERVE AND UNDER CHANGING ANTHROPOGENIC IMPACTS

An analysis of geoinformation data on the spread of steppe fires is proposed, the areas of which are identified on the basis of a series of Landsat satellite images for 1984–2015. We selected five key sites located in different geographic areas of the Trans-Volga region and South Ural, covering clusters of the Orenburgskii state nature as well as adjacent agricultural areas. By analyzing the long-term dynamics, we determined a widespread trend of an intensification of steppe fires. Since the mid-1990s till the present, it has been manifested in a significant increase in the area of occurrence and in recurrence frequency. It has been established that the cause for an intensification of fires in the steppe regions is a significant reduction in agricultural production, accompanied by restoration of vegetation cover on unused lands and accumulation of dry phytomass. It was determined that, given the favorable conditions for the occurrence of fires, the weather and climate factors increased in importance, implying

*a higher amplitude of fluctuations in the areas of the burnt-over areas, especially in abnormal years. Data on the current frequency of grass fires (both in protected areas and in a large part of agricultural lands) indicate that the vegetation cover and other components of steppe ecosystems are constantly in a state of post-pyrogenic succession. Using an example of one of the sites (the Burtinskaya steppe), a high restorative capacity of tree-shrub areas within the boundaries of the ecotopes occupied by them was revealed. It was noted that the absolute regime of reserve that excludes any economic activities, combined with an intensification of fire phenomena in the adjacent territories, gives rise to an acute fire-hazardous situation. It is pointed out that there is a need to establish a unified system for ecological monitoring of fires.*

Keywords: *Orenburgskii nature reserve, Landsat imagery, long-term dynamics, activation, fire-prevention measures.*

## ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Территориальные формы охраны ландшафтного и биологического разнообразия были и остаются наиболее действенным методом поддержания устойчивого экологического состояния регионов. Вместе с тем опыт функционирования заповедников России, Казахстана и Украины, расположенных в степной, лесостепной и полупустынных зонах, свидетельствует о необходимости активного управления травянистыми биоценозами [1, 2]. Отсутствие важного элемента степных экосистем — копытных животных — приводит к тому, что растительный покров в условиях заповедного режима накапливает значительные запасы отмершей надземной фитомассы, в связи с чем изменяются экологические условия, собственно структура растительных сообществ, а затем и всех компонентов степных биоценозов.

Сходные по причинам и последствиям преобразования наблюдаются и на неиспользуемых сельскохозяйственных угодьях. Накопление значительных объемов растительной ветоши способствует обширному распространению природных пожаров, возникающих, как правило, на смежных с заповедными участками площадях в результате неосторожного обращения с огнем либо преднамеренного поджога в целях улучшения кормовых качеств угодий и уничтожения растительных остатков.

Проведенные ранее исследования на ключевых территориях различных степных районов Заволжско-Уральского региона позволили выявить актуальные проблемы степного природопользования, связанные с активизацией природных пожаров, восстановлением растительного покрова и накоплением растительной ветоши [3, 4]. Сходные выводы о причинах и динамике повышения пожароопасности приводятся и по другим степным регионам России (заповедник «Черные земли», Приэльтонье, степи юга Сибири) [5–7], что свидетельствует как минимум о зональном характере процессов активизации пожаров.

Первый в степной зоне России заповедник «Оренбургский», образованный в 1989 г., до недавнего времени состоял из четырех кластеров, которые репрезентативно представляли разнообразие степных ландшафтов Заволжья, Предуралья, Южного Урала и Зауралья — Таловской, Буртинской, Айтуарской и Ащисайской степей соответственно; в 2015 г. заповедник пополнился участком Предуральской степи. Несмотря на меры по предотвращению распространения природных пожаров, эти явления характерны для всех заповедных территорий и ставят под угрозу сохранение степных экосистем.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Практически все пожары, отмеченные в заповедниках, «приходят» со смежных территорий. В связи с этим для анализа закономерностей и тенденций развития возгораний нами выбраны ключевые участки, охватывающие как земли заповедника, так и прилегающие площади (рис. 1). Это (с запада на восток) Таловской (624 км<sup>2</sup>), Предуральский (1317), Буртинский (1204), Айтуарский (737), Ащисайский (1216 км<sup>2</sup>) районы, в центральной части которых располагаются одноименные участки заповедника «Оренбургский» на площади (по границе минерализованной полосы) 31,84 км<sup>2</sup>, 165,38, 44,93, 68,1 и 75,44 км<sup>2</sup> соответственно. Территории за пределами заповедника представляют собой преимущественно сельскохозяйственные угодья, пространственная структура которых во многом обусловлена региональными особенностями ландшафта.

Основные подходы к изучению пожаров были опробованы ранее на других участках [3, 4]. Исследование велось на базе данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), главным образом на основе комбинированных изображений со спутников Landsat. Дешифрирование ареалов гарей проведено визуальным способом исходя из характерного очертания границ и разницы яркостей гарей и вмещающих ландшафтов. В результате сформирована геоинформационная база данных, включающая сведения об ареалах гарей за 1984–2016 гг. и примерном времени развития пожаров.

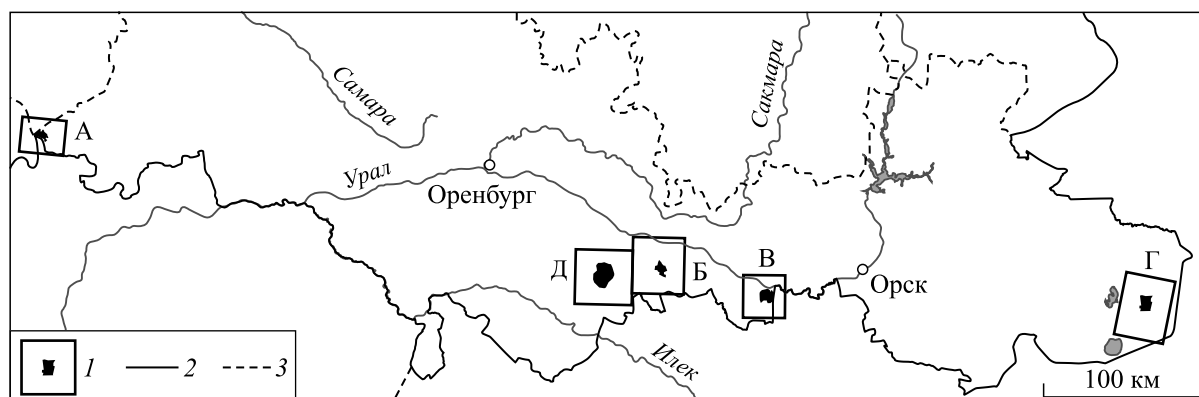


Рис. 1. Расположение ключевых участков.

Границы: 1 — ключевых участков и площади заповедных территорий (А — Таловской, Б — Буртинский, В — Айтгуарский, Г — Ащисайский, Д — Предуральский), 2 — государственная России и Казахстана, 3 — административно-территориальные.

Для решения подобных задач обычно используются геоинформационные методы оценки данных ДЗЗ [8–10]. Анализ наиболее часто применяемых спектральных преобразований (NBR — Normalized Burn Ratio, MIRBI — Mid-Infrared Burn Index и др.), а также теплового фона в аспекте выявления ареалов гарей [11, 12] показал, что рассмотренные индексы позволяют установить ареалы гарей с высокой степенью достоверности (80–90 % от площади). Вместе с тем их применение для сельскохозяйственных районов весьма проблематично, так как значительная часть обрабатываемых пахотных угодий идентифицируется как гари, из-за чего резко снижается достоверность получаемых данных. Исключение этих угодий из расчетов невозможно в связи с необходимостью учета сельскохозяйственных палов и пожаров на залежных землях. Использование снимков, удаленных по времени от даты пожара, также отрицательно влияет на достоверность результатов.

Сопоставление ареалов отдельных гарей, установленных по снимкам среднего (Landsat, 30 м) и высокого (IKONOS, 1 м) пространственного разрешения, дало расхождение в площадях не более 1 %. Таким образом, детальность используемых снимков удовлетворительна для решения поставленной задачи. Основные погрешности в расчетах могут быть обусловлены отсутствием достаточного количества снимков и возможными помехами (облачность, некорректная работа сенсоров Landsat-7 с 2003 г. в виде параллельных черных полос). Различия между смежными горелыми и негорелыми участками снижаются по мере нарастания фитомассы в процессе постпожарных сукцессий и зависят от сезона года и погодных условий. Анализ продолжительности и контрастности различий проведен для пожаров, произошедших в разные сезоны пожароопасного периода, что позволило определить оптимальное количество и даты снимков и, соответственно, оценить достоверность полученных данных по отдельным годам.

Благодаря положению ключевых участков в зонах перекрытия сцен Landsat использовалось максимально возможное количество космических изображений: на каждую из территорий приходилось около 270–290 снимков за рассматриваемый период (1984–2016 гг.), в среднем 7–9 за год. При недостатке снимков принимались во внимание сведения о характере развития пожаров на смежных участках и погодные условия соответствующего периода, а также отдельные косвенные параметры постпожарного состояния — повышенный температурный фон (данные Landsat в тепловом инфракрасном диапазоне) и специфический характер залегания снегового покрова (для позднелетних и осенних пожаров). Дополнительно учтены сведения о пожарах, содержащиеся в Летописях природы заповедника «Оренбургский» [13], данные о датах и примерных площадях. Результаты исследования согласуются с предварительными выводами об активизации степных пожаров, полученными в ходе многолетних экспедиций.

При изучении постпожарной динамики древесно-кустарниковых урочищ Буртинской степи использовались два разновременных (2005 и 2015 гг.) комбинированных изображения с высоким пространственным разрешением, импортированные из геоинформационного сервиса Google Earth. Видовая структура древесно-кустарникового покрова и общее состояние урочищ уточнялись в ходе их натурального обследования.

Анализ динамики сельскохозяйственного производства как одного из факторов развития степных пожаров проводился на основе статистических данных по административным районам (поголовье скота) и путем изучения снимков Landsat по территориям ключевых участков с выделением пахотных (постоянно обрабатываемых) и залежных (неиспользуемых) земель.

Расчеты некоторых метеорологических параметров (средние значения, сумма, гидротермический коэффициент и др.) по температуре и осадкам за пожароопасный период произведены на основе архива метеоданных [14], использующего информацию о фактической погоде с сервера данных международного обмена.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Подготовленная геоинформационная база данных о пожарах за многолетний период позволяет оперировать в расчетах такими параметрами, как количество, площадь и примерные даты. На основе этих сведений можно сформулировать выводы о пространственных закономерностях развития пожаров, обусловленных неоднородностью ландшафтной структуры и системы хозяйствования на этих территориях; повторяемости (периодичности, частоте) и сезонности возникновения пожарных явлений; о современных тенденциях в пространственной динамике пожаров.

**Пространственные закономерности и многолетняя динамика в развитии пожаров.** Возникновение и распространение пожаров, несмотря на определенные закономерности, во многом имеет случайный характер. В целях получения максимально достоверных сведений одним из подходов стало обобщение данных по пяти участкам за все время, характерные серии лет и по отдельным годам. На основе совмещения ареалов подготовлены схемы, которые отражают «накопленные» за весь рассматриваемый период ареалы пожаров (рис. 2) и отображают дифференциацию территории по степени подверженности пожарным явлениям, что во многом обусловлено различиями в свойствах растительного покрова.

Группировка ареалов гарей за характерные периоды — до введения заповедного режима (1984–1989 гг.), в первые годы существования заповедника (1990–2002 гг.) и на современном этапе (2003–2015 гг.) — демонстрирует смену условий, в которых находятся заповедные территории.

До создания заповедника пожары были немногочисленны и имели ограниченную площадь в связи с повсеместно проявленной пастбищной деградацией угодий. В условиях заповедного режима растительность за короткий срок приобрела сомкнутый характер травостоя, увеличилась продуктивность и стала накапливаться растительная ветошь. В результате уже в первые годы существования заповедника «Оренбургский» на его участках наиболее часто распространялись пожары. Постепенное снижение сельскохозяйственной нагрузки на смежных площадях к началу 2000-х гг. привело к тому, что условия пожароопасности и количество возгораний на территории заповедника и за его пределами стали практически сопоставимы.

В годовом исчислении наблюдается отчетливо выраженный положительный тренд в многолетней динамике площадей гарей, обусловленный отмеченными выше причинами восстановления степной растительности (рис. 3, а). При этом выделяются серии лет (1984–1990, 1998–2010), в пределах которых величина вариации не превышала 30–40 %, что свидетельствует об определенной стабильности условий. Вариации значений в разрезе серии относительно однотипных лет обусловлены проявлением и сочетанием ряда факторов: а) «случайным» характером возникновения и распространения пожаров; б) проведением и эффективностью мероприятий по тушению; в) различиями в погодных условиях отдельных лет; г) выгоранием растительного покрова в предшествующие годы. Оценить вклад каждого из этих факторов проблематично, но в частных случаях, для конкретных территорий и периодов, можно сделать определенные заключения. Так, анализ распространения пожаров в наиболее подверженных им районах за отдельные серии лет позволил установить, что повторное возгорание обычно наблюдается не ранее, чем через 3 года, а в среднем — через 5–6 лет. Хотя бывают и редкие случаи, когда на одной и той же территории пожар отмечается ранней весной (как правило, «верховой», не затрагивающий дернины злаков) и осенью после завершения вегетации.

**Предпосылки и факторы развития пожаров.** Восстановление растительного покрова сначала в пределах заповедных участков, а затем и на смежных с ними территориях стало предпосылкой возникновения и обширного распространения степных пожаров.

Сопоставление схем по совокупным пожарам и пространственной структуры земель по типам их использования свидетельствует о том, что наиболее подвержены развитию пожаров пастбищные и сенокосные угодья, несколько в меньшей степени — территории заповедных участков. Значительно реже ареалы пожаров отмечаются на пахотных угодьях (в результате сельскохозяйственных палов) и

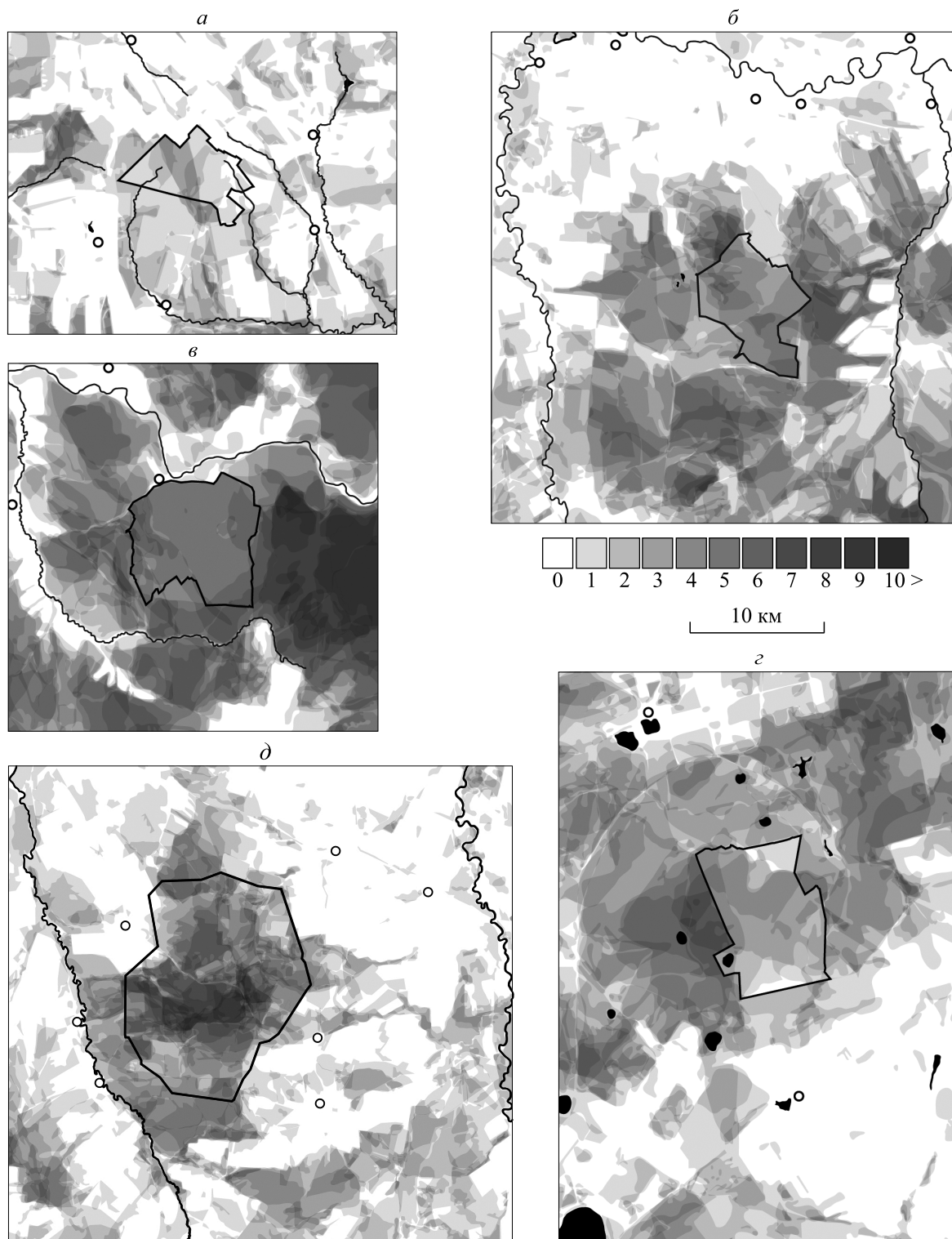


Рис. 2. Совокупные ареалы пожаров за период 1984–2015 гг.

Ключевые участки: а — Таловской, б — Буртинский, в — Айтуарский, г — Ащисайский, д — Предуральский.  
Пунсонами обозначены населенные пункты.

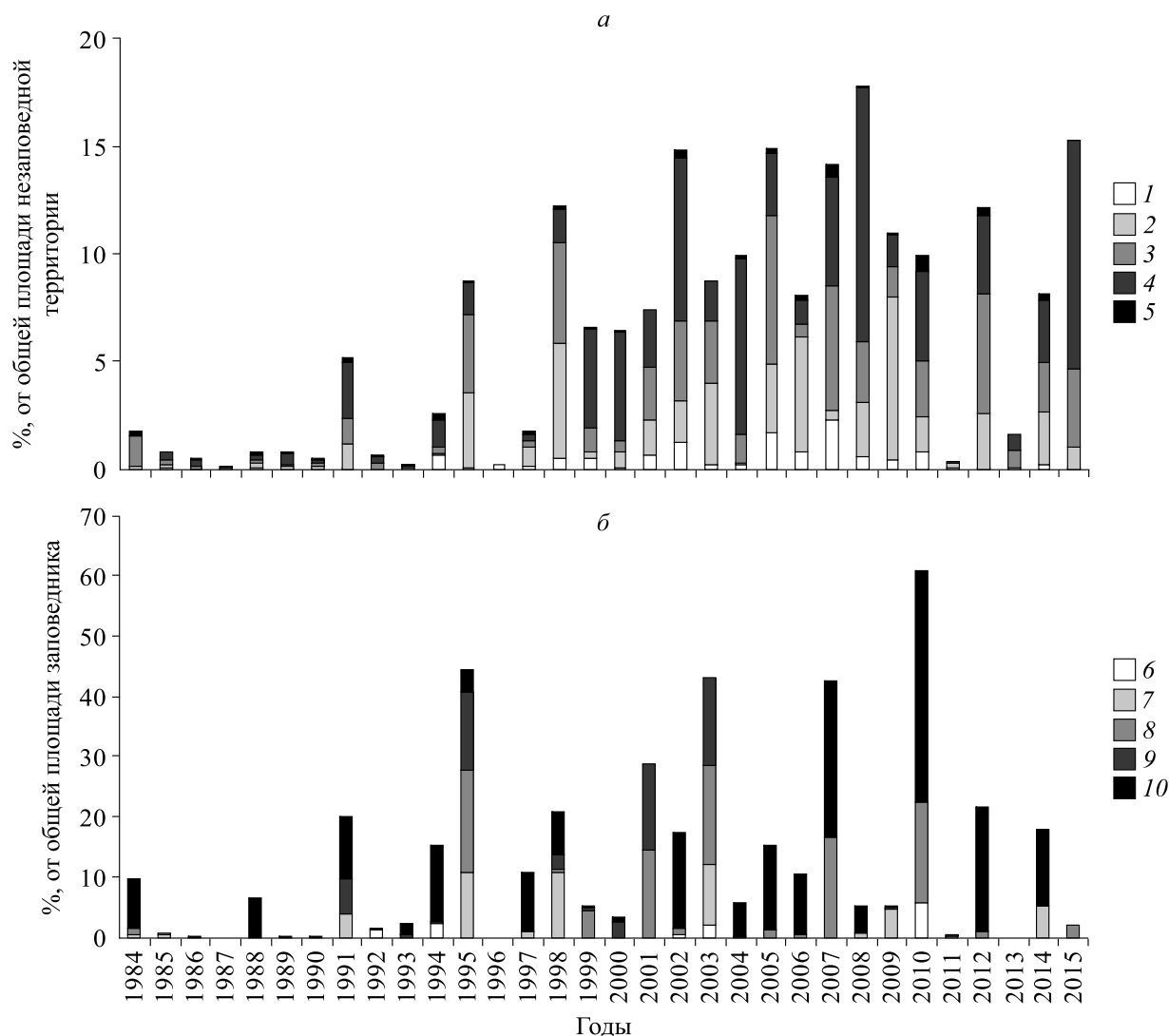


Рис. 3. Многолетняя динамика площади пожаров.

*а* — на сельскохозяйственных угодьях (ключевые участки: 1 — Таловской, 2 — Буртинский, 3 — Айтуарский, 4 — Ащисайский, 5 — Предуральский); *б* — на участках заповедника «Оренбургский» (участки: 6 — Таловской степи, 7 — Буртинской, 8 — Айтуарской, 9 — Ащисайской, 10 — Предуральской степи).

в поймах рек. Из рассматриваемых ключевых участков наиболее развитым и стабильным сельскохозяйственным производством характеризуется Таловской, в связи с чем распространение пожаров существенно лимитируется системой пахотных угодий и дорожной сетью. Остальные (особенно Айтуарский) отличаются обширным развитием малопригодных и фактически неиспользуемых сельскохозяйственных угодий, поэтому степные пожары здесь — обычное явление.

Таким образом, обширность распространения пожаров и угроза их проникновения на заповедные территории во многом определяются особенностями пространственной структуры угодий и степенью сельскохозяйственной нагрузки на них. Полноту использования растительных ресурсов участка можно проследить по многолетней динамике таких показателей, как поголовье выпасаемого скота (для пастбищ и сенокосов) и площадь возделываемых земель.

Неблагоприятная общеэкономическая ситуация, сложившаяся в постсоветский период, способствовала повсеместному и резкому снижению показателей сельскохозяйственного производства. Так, в Оренбургской области поголовье выпасаемого скота достигло своего минимума в 1990-х гг. и в целом до сих пор остается на том же уровне [15]. Наиболее существенно снизилось число овец и коз — к концу 1990-х гг. в среднем в 6,6 раза, в Светлинском районе — в рекордные 37 раз. Сокращение

Таблица 1  
Динамика пахотных земель  
по ключевым участкам

Ключевой участок	Площадь участков, км <sup>2</sup>	Доля обрабатываемых пахотных угодий, %	
		1984 г.	2015 г.
Таловской	623,7	57,3	46,9
Буртинский	1203,9	38,6	23,8
Ащисайский	1216,2	18,2	7,1
Айтуарский	736,6	49,0	18,3
Предуральский	1317,0	52,9	28,7

поголовья крупного рогатого скота также было значимым, но менее существенным (в среднем по региону в 2–3 раза).

Нами прослежена взаимосвязь между численностью поголовья скота (овец и коз, крупного рогатого скота в разрезе административных районов) и площадью пожаров по сельскохозяйственно освоенной части рассматриваемых территорий. В динамике площадей пожаров (см. рис. 3, а) отмечается коротко-циклическая (3–4 года) периодичность, которая, по нашему мнению, обусловлена средней продолжительностью накопления объемов фитомассы, достаточных для устойчивого развития пожаров. Поэтому значения площадей пожаров рассмотрены через выборку лет с максимальными значениями, а также посредством метода скользящей

средней за трехлетний период. В обоих случаях наблюдается обратная корреляция с достаточно высокими значениями достоверности — по выборке максимальных значений 0,82 и 0,83 (отдельно для численности поголовья КРС, овец и коз соответственно), а по значениям скользящего среднего — 0,67 и 0,77 соответственно. Таким образом, пастбищная нагрузка — наиболее значимый фактор развития степных пожаров, особенно в периоды существенного изменения численности поголовья скота.

Результаты сопоставления разновременных космических изображений свидетельствуют о постоянном (особенно активном в 1990–2000 гг.) формировании фонда неиспользуемых пахотных угодий (табл. 1), к настоящему времени они представляют собой крупные массивы старовозрастных (15–20 лет) залежей, практически неотличимые от участков естественных степей.

В результате сокращения объемов сельскохозяйственного изъятия фитомассы на протяжении всего рассматриваемого периода происходило формирование новых пожароопасных зон, их расширение и агрегация между собой. Обширному распространению пожаров во многом способствовало снижение пастбищной нагрузки в долинах рек и временных водотоков, традиционно и наиболее интенсивно используемых в качестве пастбищных и сенокосных угодий.

Погодно-климатические условия имеют важное значение для развития степных пожаров. При этом их неоднородность в пространстве и во времени может проявляться как опосредованно (через условия вегетации), так и непосредственно (установлением пожароопасной обстановки). К примеру, продолжительные однонаправленные тенденции в многолетней динамике метеорологических показателей [16] выступают основным фактором повышения продуктивности степных фитоценозов [17]. Данные [16] свидетельствуют о сохранении тренда роста как среднегодовых, так и сезонных температур и осадков по всей территории РФ за 1976–2012 гг., а для Заволжско-Уральского региона особенно выделяются повышенные коэффициенты линейного тренда по средней осенней температуре, что совпадает с сезонным максимумом развития пожаров. Исходя из этих сведений и результатов анализа многолетних рядов данных по метеопостам региона [14], в погодно-климатических условиях не наблюдалось значимых изменений, позволяющих объяснить резкий рост площадей пожаров в 1990-х гг.

Анализ среднемесячных и среднесуточных метеорологических показателей дает возможность сопоставлять их с данными о пожарах, оценивать продолжительность и степень аномальности пожароопасных периодов. Из всех рассмотренных параметров выделяется повышенный температурный фон с 2005 г.: 16,1 °С против 14,75 °С в 1984–2004 гг. Также выявлено, что значимость отдельных метеорологических показателей (сумма температур, осадков, гидротермический коэффициент (ГТК) за пожароопасный период) в формировании и реализации пожароопасной обстановки незначительна на протяжении всего периода и отдельных групп лет. Исключение — период 1984–1997 гг. (до начала активизации пожаров), когда коэффициент корреляции суммы среднемесячных температур и площади совокупных гарей достигал значимых величин —  $r = 0,77$ . По выборке аномально жарких и засушливых лет (1995, 1998, 2000, 2001, 2005, 2010, 2012) наблюдается высокая зависимость площадей гарей от суммы осадков и ГТК ( $r = 0,69$  и  $0,71$  соответственно).

Таким образом, дальнейшая динамика возникновения и распространения степных пожаров, по-видимому, останется на современном высоком уровне и в целом будет лимитироваться погодными условиями отдельных лет. Во влажные и прохладные годы (отдельные периоды либо серии лет) активная вегетация растительности будет способствовать накоплению значительных объемов сухой фитомассы и, как следствие, обширному распространению пожаров.

Из других факторов, способствующих возникновению и распространению степных пожаров на рассматриваемых территориях, можно отметить: а) отсутствие естественных барьеров (крупных рек)

из-за приводораздельного положения участков; б) широкое применение практики сельскохозяйственных палов в целях улучшения кормовых качеств угодий, уничтожения пожнивных остатков и излишков запасаемых растительных кормов; в) рост транспортной доступности и рекреационное освоение прилегающих к заповеднику территорий.

**Особенности распространения пожаров на заповедных участках.** Исходя из задач, стоящих перед государственными заповедниками и направленных на минимизацию внешних воздействий на степные экосистемы, обеспечение пожарной безопасности — одно из приоритетных направлений деятельности. Предпринимаемый комплекс мероприятий предусматривает как пассивные (создание и поддержание минерализованной полосы, сенокосение), так и активные (тушение пожаров) действия. Площади гарей и повторяемость пожаров применительно к заповедным территориям — это параметры, во многом отражающие своевременность и эффективность противопожарных мероприятий как на сопредельных территориях, так и, собственно, на охраняемых участках. Многолетнее распределение площадей гарей по заповеднику имеет менее выраженный и однонаправленный, чем на сельскохозяйственных угодьях, характер (см. рис. 3, б).

Следует отметить, что все очаги пожаров находились за пределами охраняемых участков. Проведенный (по всем территориям и за весь рассматриваемый период) анализ случаев, когда пожары с прилегающих земель подходили к минерализованным полосам, пересекали их либо останавливали свое распространение, позволил выявить следующее. Относительно благоприятная обстановка сохранялась в течение 5–6 лет после организации заповедника «Оренбургский» (до 1995 г., для Таловской степи — до 2002 г.), после чего приходящие пожары стали обычным явлением. Наиболее сложная обстановка вплоть до настоящего времени наблюдается в Айтуарской степи, окруженной территориями с практически не используемыми пастбищными угодьями, и в приграничном (российско-казахстанском) районе с расчлененным рельефом, что значительно затрудняет организацию противопожарных мероприятий. Сходная ситуация и в Ащисайской степи, но здесь равнинный характер рельефа способствует поддержанию надлежащего состояния минерализованной полосы. Поэтому при почти ежегодном распространении огня с 2005 г. здесь не было зафиксировано ни одного его перехода на заповедную территорию, при этом протяженность линии соприкосновения границ пожара с защитной полосой в 2015 г. достигала рекордные 37 км при общем периметре участка 41 км (в другие годы — от 3 до 12 км). Относительно высокую эффективность мероприятий показывают и данные по Таловской и Буртинской степям.

Общее состояние экосистем и, соответственно, современная пожароопасная ситуация на участке Предуральской степи во многом обусловлены тем, что в период с 1958 по 1998 г. эти земли в современных границах находились в ведении Министерства обороны РФ и использовались в качестве тренировочного полигона. Ко времени организации нового участка заповедника (2015 г.) данная территория представляла собой обширный массив с сохранившимися (от массового пахотного освоения в регионе) степными экосистемами и изначально рассматривалась в целях реинтродукции лошади Пржевальского. К настоящему времени численность этих животных составляет 20 голов, что пока не позволяет рассматривать вид в качестве полноценного регулятора накопления надземной фитомассы. Таким образом, обширность нового участка (16,5 тыс. га) и формирование популяции лошади Пржевальского в перспективе предполагают проведение нестандартного комплекса противопожарных мероприятий, призванных сократить до минимума влияние пирогенного фактора и обеспечить сохранность кормовой базы в условиях активизации пожарных явлений на прилегающих территориях.

Полученные данные подтверждают, что травяные пожары представляют собой значительную угрозу для устойчивого функционирования степных экосистем в заповедных условиях. В целом наблюдается усиление эффективности предпринимаемых противопожарных мероприятий и собственно пожаротушения, несмотря на тенденцию повышения повторяемости распространения пожаров на смежных с заповедником территориях.

**Основные экологические последствия степных пожаров.** Влияние пожаров на степные экосистемы выражается в двух аспектах. Первоначально это непосредственное воздействие огня, приводящее к уничтожению и минерализации надземной фитомассы. Впоследствии наступает длительный этап постпирогенного восстановления экосистем в особых экотопических условиях гарей: а) повышенный температурный фон и его суточные вариации в теплые сезоны года; б) отсутствие либо меньшая мощность снегового покрова и, как следствие, усиленное промерзание грунта в холодные сезоны; в) ухудшение условий увлажнения в весенний период [12, 18].

Значимость пирогенного фактора в развитии степных экосистем в общих чертах можно оценить исходя из распределения площадей совокупных гарей по повторяемости пожаров (табл. 2). Приведе-



Распределение площадей гарей по количеству пройденных пожаров за 1984–2015 гг. на участках заповедника «Оренбургский»

Участки заповедника «Оренбургский»	Площадь гарей с количеством пройденных пожаров, % от площади каждого из заповедных участков								
	0	1	2	3	4	5	6	7	≥ 8
Таловская степь	9,9	<b>48,2</b>	26,6	11,8	0,3	—	—	—	—
Буртинская степь	—	2,5	2,0	16,9	<b>46,8</b>	23,6	9,4	—	—
Айтуарская степь	—	—	—	0,4	3,8	<b>75,3</b>	16,2	4,0	0,5
Ащисайская степь	3,9	13,4	16,3	29,8	<b>31,1</b>	3,4	—	—	—
Предуральская степь	1,0	3,1	7,8	10,3	<b>15,8</b>	13,8	15,0	12,6	17,1

Примечание. Жирным шрифтом выделены максимальные значения площадей гарей с одинаковым количеством пройденных пожаров; прочерк — ареалы гарей с данной повторяемостью пожаров не отмечаются.

ны данные за многолетний период (1984–2015 гг.), при этом наиболее весомый «вклад» внесен с конца 1990-х гг. При современном уровне развития пожаров на прилегающих пространствах их средняя повторяемость на заповедных участках составляет один пожар в 4–5 лет. Исходя из выводов по продолжительности процессов восстановления степных фитоценозов после пожаров, оцениваемых различными авторами от 2–3 до 8–10 лет, получается, что растительность (и соответственно, остальные компоненты экосистем) резерватов постоянно находится в состоянии постпирогенной сукцессии.

Пожары выступают лимитирующим фактором развития таких немаловажных элементов заповедных экосистем, как степные кустарники и древесно-кустарниковые урочища: с одной стороны, ввиду их высокой экологической значимости, с другой — исходя из продолжительности постпирогенного восстановления. На основе сопоставления разновременных снимков высокого разрешения и натурной верификации данных получены выводы об особенностях постпожарного состояния лесных урочищ на примере наиболее облесенного заповедного участка — Буртинской степи. Тот факт, что после серии пожаров 2003, 2009 и 2014 гг. общая лесопокрытая площадь осталась практически неизменной (1,6 км<sup>2</sup>), свидетельствует о высокой степени устойчивости лесных урочищ к степным пожарам, а точнее — о хорошей восстановительной способности в пределах занимаемых ими экотопов. Наиболее существенное воздействие пожары оказали на байрачные березово-осиновые леса и отдельно расположенные деревья.

Несмотря на постоянство лесопокрытой территории, резко изменилось соотношение площадей, занимаемых зрелым древостоем и молодым (3–5 лет) подростом. Если в 2005 г. подрост покрывал около 36 % (последствия пожара 2003 г.), то в 2015 г. — 79 %. Площадь, занятая зрелым древостоем, сократилась за 2005–2015 гг. на 65–70 %, независимо от типа и породного состава лесов. Основное восстановление поврежденного древостоя произошло в течение трех последних лет (2014–2016 гг.), когда наблюдался повсеместный переход от ростков (ранее ежегодно выраставших и погибавших в следующем вегетативному сезону) к жизнеспособному подросту.

Оценка экологических последствий пожаров требует анализа сезонных аспектов как в развитии пожаров, так и в состоянии отдельных биологических компонентов и степных экосистем в целом. В результате проведенных ранее исследований [19] выявлено следующее распределение площадей пожаров в разрезе месяцев для рассматриваемого региона: апрель — 10,4 %, май — 3,5, июнь — 4,5, июль — 27,4, август — 35,7, сентябрь — 18,5 %. В среднем наиболее отчетливо и постоянно выделяется летне-осенний пик активизации пожаров (август–сентябрь). Апрельские пожары обычно менее значимы, но в отдельные годы (2009) даже преобладают над пожарами в другие месяцы.

Воздействие пожаров на биологические группы степных экосистем изучено достаточно детально, хотя сами исследования преимущественно носят локальный либо узкорегionalный характер. Наиболее существенные результаты достигнуты при изучении постпирогенных сукцессий растительного покрова [20, 21]. В целом степень последствий для определенного вида или группы растений обуславливается их вегетативным и генеративным состояниями на время прохождения пожара, а также жизненной формой растений и положением почек возобновления относительно поверхности почвы. Наименьшее воздействие на растительный покров оказывают ранневесенние (апрельские) пожары ввиду минимальной вегетации степной растительности (за исключением эфемеров) и «поверхностного» характера прохождения огня за счет значительной увлажненности почвенного покрова, раститель-

ной ветоши и дернин злаков. Последствия летних пожаров во многом зависят от стадии вегетации и погодных условий последующих периодов и приводят к угнетению травостоя. Осенние пожары происходят на фоне окончания вегетации и наносят ущерб семенной базе, но на следующий вегетационный сезон инициируют компенсаторный механизм восстановления травостоя, сопровождающийся обильной вегетацией.

Пожары, вне зависимости от сезона, выступают важнейшим лимитирующим фактором развития напочвенных лишайников, грибов и водорослей. Для других элементов биоты потенциальный урон зависит от степени подвижности (для избежания воздействия огня) и от защищенности (положение в почве). После прохождения пожара выживание отдельных особей, видов и их групп в условиях отсутствия кормовой базы и растительного покрова (как способа укрытия от хищников) возможно исключительно за счет миграций на сходные экотопы прилегающих территорий. Такова наиболее общая картина экологических последствий от степных пожаров в аспекте сезонов года.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Природные пожары были и остаются одним из ведущих факторов формирования ландшафтно-биотической структуры травянистых биомов Земли, а их возникновение во многом обусловлено необходимостью сельскохозяйственного освоения территорий и улучшения качества угодий [22–24]. Освоение степных регионов Евразии в середине XX в. сопровождалось массовой распашкой целинных земель и последовавшей деградацией пастбищных угодий, что привело к сокращению числа пожаров. Создание заповедника «Оренбургский», как первых четырех участков в 1989 г., так и Предуральской степи в 2015 г., пришлось на период сокращения сельскохозяйственного производства в степных регионах России и в Казахстане, что сопровождалось активным восстановлением растительного покрова, накоплением растительной ветоши и, как следствие, увеличением частоты возникновения и площадей распространения степных пожаров. В условиях абсолютного заповедного режима, исключая любую хозяйственную деятельность, и активизации пожарных явлений на прилегающих территориях распространение огня на этих участках — всего лишь вопрос времени.

Результаты исследований частично подтверждают необходимость учета и внедрения разработанных ранее рекомендаций по организации заповедного режима в условиях степных резерватов [1]. В частности, введение абсолютного заповедного режима для степных экосистем обоснованно и целесообразно лишь на этапе восстановления после продолжительной сельскохозяйственной нагрузки. На этапе «зрелых» (климаксовых) экосистем остается нерешенной сложная и дискуссионная задача выбора принципиальных направлений в вопросах управления степными заповедниками исходя из возложенных на них задач. Один из подходов (консервативный) предполагает запрет любой хозяйственной деятельности, формирование «эталонной» территории и минимизацию внешних воздействий. Альтернативным вариантом управления и обеспечения условий для устойчивого развития степных экосистем и сохранения биоразнообразия в резерватах предусматривает осуществление мероприятий по восполнению экосистемной функции, которая ранее выполнялась утраченными видами диких копытных животных. Заметим, что сокращение рисков распространения огня с прилегающих территорий на заповедные участки возможно лишь при условии создания буферной (расширенной минерализованной и примыкающей к ней сенокосной) полосы.

Формирование геоинформационной базы на основе данных ДЗЗ позволяет изучить закономерности развития травяных пожаров и использовать эти сведения в смежных геоэкологических исследованиях. Полученные результаты могут способствовать оптимизации природоохранной политики в сфере степного природопользования и формирования противопожарного блока в системе экологического мониторинга, о чем свидетельствует и мировой опыт управления пожарами [25].

*Работа выполнена в рамках государственного задания (№ ГР АААА–А17–117012610022–5) и при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (18–05–00088).*

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чибилёв А.А. Экологическая оптимизация степных ландшафтов. — Свердловск: Изд-во УрО АН СССР, 1992. — 172 с.
2. Чибилёв А.А. Ландшафтно-экологические основы рационализации природопользования в степной зоне // Проблемы геоэкологии и степеведения. — Екатеринбург: Изд-во УрО РАН, 2010. — Т. 2. — С. 33–48.

3. **Павлейчик В.М.** К вопросу об активизации степных пожаров (на примере Заволжско-Уральского региона) // Вестн. Воронеж. ун-та. Сер. География. Геоэкология. — 2016. — № 3. — С. 15–25.
4. **Павлейчик В.М.** Многолетняя динамика травяных пожаров в Заволжско-Уральском регионе // Труды Ин-та геологии Дагестан. науч. центра РАН. — 2016. — Вып. 67. — С. 247–250.
5. **Dubinin M., Potapov P., Lushchekina A., Radeloff V.** Reconstructing long time series of burned areas in arid grasslands of southern Russia by satellite remote sensing // Remote Sensing of Environment. — 2010. — Vol. 114. — P. 1638–1648.
6. **Ткачук Т.Е.** Динамика площадей степных пожаров на юге Даурии в первом десятилетии XXI века // Уч. зап. Забайкал. ун-та. — 2015. — № 1 (60). — С. 72–79.
7. **Шинкаренко С.С.** Анализ распространения степных пожаров и идентификация пожароопасных территорий на основе геоинформационных технологий // Науч. альманах. — 2015. — № 8 (10). — С. 1240–1244.
8. **Röder A., Hill J., Duguay B., Alloza J. A., Vallejo R.** Using long time series of Landsat data to monitor fire events and post-fire dynamics and identify driving factors. A case study in the Ayora region (eastern Spain) // Remote Sensing of Environment. — 2008. — Vol. 112, N 1. — P. 259–273.
9. **Stroppiana D., Bordogna G., Carrara P., Boschetti M., Boschetti L., Brivio P.A.** A method for extracting burned areas from Landsat TM/ETM+ images by soft aggregation of multiple Spectral Indices and a region growing algorithm // ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. — 2012. — Vol. 69. — P. 88–102.
10. **Parker В.М., Lewis T., Srivastava S.K.** Estimation and evaluation of multi-decadal fire severity patterns using Landsat sensors // Remote Sensing of Environment. — 2015. — Vol. 170. — P. 340–349.
11. **Мячина К.В., Павлейчик В.М., Чибилёв А.А.** Проблемы и возможности геоинформационных методов при выявлении степных гарей // Проблемы региональной экологии. — 2016. — № 6. — С. 159–166.
12. **Павлейчик В.М., Мячина К.В.** Особенности термического режима земной поверхности после степных пожаров по данным спутников Landsat // Вестн. Оренб. ун-та. — 2016. — № 4 (192). — С. 83–89.
13. **Летопись** природы государственного природного заповедника «Оренбургский» [Электронный ресурс]. — <http://orenzap.ru/activity/scientific-activity/> (дата обращения 19.04.2017).
14. **Метеорологический** сервис «Расписание погоды» [Электронный ресурс]. — <http://rp5.ru> (дата обращения 19.04.2017).
15. **Павлейчик В.М.** Условия распространения и периодичность возникновения травяных пожаров в Заволжско-Уральском регионе // География и природ. ресурсы. — 2017. — № 2. — С. 56–65.
16. **Второй** оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Общее резюме. — М.: Росгидромет, 2014 [Электронный ресурс]. — <http://cc.voeikovmgo.ru/images/dokumenty/2015/od2.pdf> (дата обращения 05.04.2017).
17. **Белоновская Е.А., Тишков А.А., Царевская Н.Г.** Продуктивность степных экосистем: выявляемые тренды и перспективы новой оценки // Степи Северной Евразии: Материалы VII междунар. симп. — Оренбург: Изд-во Ин-та степи УрО РАН, 2012. — С. 160–162.
18. **Павлейчик В.М., Калмыкова О.Г., Сорока О.В.** Особенности микроклиматического режима степных гарей на заповедном участке «Буртинская степь» // Проблемы региональной экологии. — 2016. — № 4. — С. 69–74.
19. **Павлейчик В.М.** Степные пожары и проблемы модернизации природопользования // Проблемы геоэкологии и степеведения. — Оренбург: Изд-во Ин-та степи УрО РАН, 2015. — Т. 4. — С. 40–50.
20. **Степные** пожары и управление пожарной ситуацией в степных ООПТ: экологические и природоохранные аспекты. Аналитический обзор / Под ред. И. Э. Смелянского. — М.: Центр охраны дикой природы, 2015. — 144 с.
21. **Рябинина З.Н., Янтурин С.А., Рябцов С.Н., Абдулина Х.К. Юнусбаев У.Б.** Роль степных пожаров в формировании растительного покрова Южного Урала. — Уфа: Гилем, 2010. — 219 с.
22. **Тишков А.А.** Пожары в степях и саваннах // Вопросы степеведения. — Оренбург: Изд-во Ин-та степи УрО РАН, 2009. — Вып. 7. — С. 79–83.
23. **Laris P.** Burning the seasonal mosaic: Preventative burning strategies in the wooded savanna of southern Mali // Human Ecology. — 2002. — Vol. 30, Iss. 2. — P. 155–186.
24. **Gowda J.H., Kitzberger T., Premoli A.C.** Landscape responses to a century of land use along the northern Patagonian forest-steppe transition // Plant Ecology. — 2012. — Vol. 213, Iss. 2. — P. 259–272.
25. **Fire management: principles and strategic actions. Voluntary guidelines for fire management. Fire Management Working Paper 17.** FAO, 2007 [Электронный ресурс]. — <http://www.biodiversity.ru/programs/steppe/pub/FAO-2007.pdf> (дата обращения 05.04.2017).

*Поступила в редакцию 22 июня 2017 г.*