

Оценка динамики площадей степных пожаров в Астраханской области

С. С. Шинкаренко

*Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций
и защитного лесоразведения РАН, Волгоград, 400062, Россия
E-mail: vnielmi@bk.ru*

В статье представлены результаты геоинформационного картографирования пожаров в зональных ландшафтах Астраханской области. В работе использованы RGB-композиционные изображения КА Landsat-5, -7, -8 за период с 1997 по 2016 г., а также продукты MCD45A1 и MOD14A1 (2001–2016), содержащие данные о сгоревших площадях и активных очагах горения. Данные MODIS и систем автоматизированного мониторинга недостаточно полно отражают площади сгоревших территорий, поэтому использовались только для верификации при визуальном дешифрировании. Установлено, что 60% активных очагов горения приходится на летние месяцы. Всего за двадцатилетний период площадь степных пожаров составила 42% от всей исследуемой территории, при этом 48% площади горело только один раз, 25,4% — два раза и 26,6% — три и более раз. Наиболее активные очаги степных пожаров расположены в северо-восточной части области, что обусловлено особенностями почвенно-растительного покрова. Дерновинные злаки на суглинистых светло-каштановых почвах быстро восстанавливаются после пожаров, при этом обилие эфемеров также способствует накоплению морт-массы. В правобережной части области пожары, наоборот, редки. Этому способствуют пастбищные нагрузки, снижающие общее количество фитомассы и уменьшающие сомкнутость травостоя. Разработанные векторные слои позволяют определить территории с различной длительностью пирогенных сукцессий, что позволит провести полевые исследования закономерностей восстановления растительности после пожаров.

Ключевые слова: естественная растительность, ландшафтные пожары, Landsat, MODIS, Астраханская область, дистанционное зондирование

Одобрена к печати: 11.10.2017

DOI:10.21046/2070-7401-2018-15-1-138-146

Введение

Астраханская область, согласно глобальной схеме флористического районирования, относится к Прикаспийскому округу Туранской, или Арало-Каспийской, подпровинции. Исследуемые территории принадлежат Степному северному (Баскунчакский, Богдинский, Ахтубинский, Сарпинский подрайоны) и Пустынному южному (Западный пустынный, Харабалинский, Восточный песчано-пустынный подрайоны) районам (Лактионов, 2007). Общая площадь области составляет 44,1 тыс. км², в том числе 27,5 тыс. км² зональных экосистем. Растительность представлена ромашниково-злаково-полынными сообществами на светло-каштановых и бурых суглинистых почвах в северной части области и эфемерово-полынными сообществами на бугристых песках — в южной. Среднегодовая температура составляет +10,5 °С, среднегодовая сумма осадков изменяется от 280 мм на севере области до 220 мм на юге (Кулик и др., 2015). Ландшафтные пожары в интразональных Волго-Ахтубинской пойме и дельте Волги в данной работе не рассматривались, поскольку им и лесным пожарам посвящена большая часть исследований по ландшафтным пожарам (Дымова, 2015).

В период летних засух в регионе складываются условия, способствующие возникновению и широкому распространению степных пожаров на пастбищных и сенокосных землях. Пирогенный фактор, наряду с температурным режимом, почвами, влагообеспеченностью, является одним из важнейших факторов, воздействующих на растительность. Регулярные пожары могут быть определены как экзогенный локальный фактор, приводящий к нарушениям и трансформации экосистем (Ильина, 2011). По мнению ряда исследователей, степные

пожары способствуют улучшению состояния пастбищ; другие, напротив, отмечают деструктивное воздействие степных пожаров на естественные фитоценозы. Установлено, что после летних пожаров в северной части Астраханской области растительность не восстанавливается до следующего сезона (Рулев и др., 2016). Также пожары вызывают гибель членистоногих и грызунов (Немков, Сапига, 2010; Опарин, Опарина, 2003), способствуют развитию эрозийных процессов, иссушению и засолению верхних почвенных горизонтов (Попов, 2004), снижают подземную фитомассу и запас семян в почве (Воронина и др., 2012). Таким образом, анализ пространственно-временной динамики пожаров является неотъемлемой частью комплексных ландшафтных исследований, в то время как официальные данные МЧС охватывают только 10–15 % фактической площади степных пожаров (Дубинин и др., 2010). В последние два десятилетия отмечается рост интенсивности степных пожаров по всему югу России, в том числе в Волгоградской, Оренбургской областях, Черных землях, Даурии (Дубинин и др., 2010; Павлейчик, 2015; Шинкаренко, 2015), но для территории Астраханской области подобная оценка площадей гарей не проводилась.

Материалы и методы

Определение сгоревших территорий основывалось на визуальном дешифрировании RGB-композиций спутниковых снимков Landsat-5, -7, -8. Также в работе применялись продукты MCD45A1 и MOD14A1, содержащие данные о сгоревших площадях и активных очагах горения. Продукты MODIS разрешением 500 м были перепроецированы и сконвертированы в GeoTIFF средствами утилиты MODIS Reprojection Tool. Векторизация полученных растров и их дальнейшая обработка проводились в QGIS 2.18. В работе использована система координат WGS84, UTM zone 39 (EPSG 32639), площади рассчитаны на эллипсоиде WGS 84.

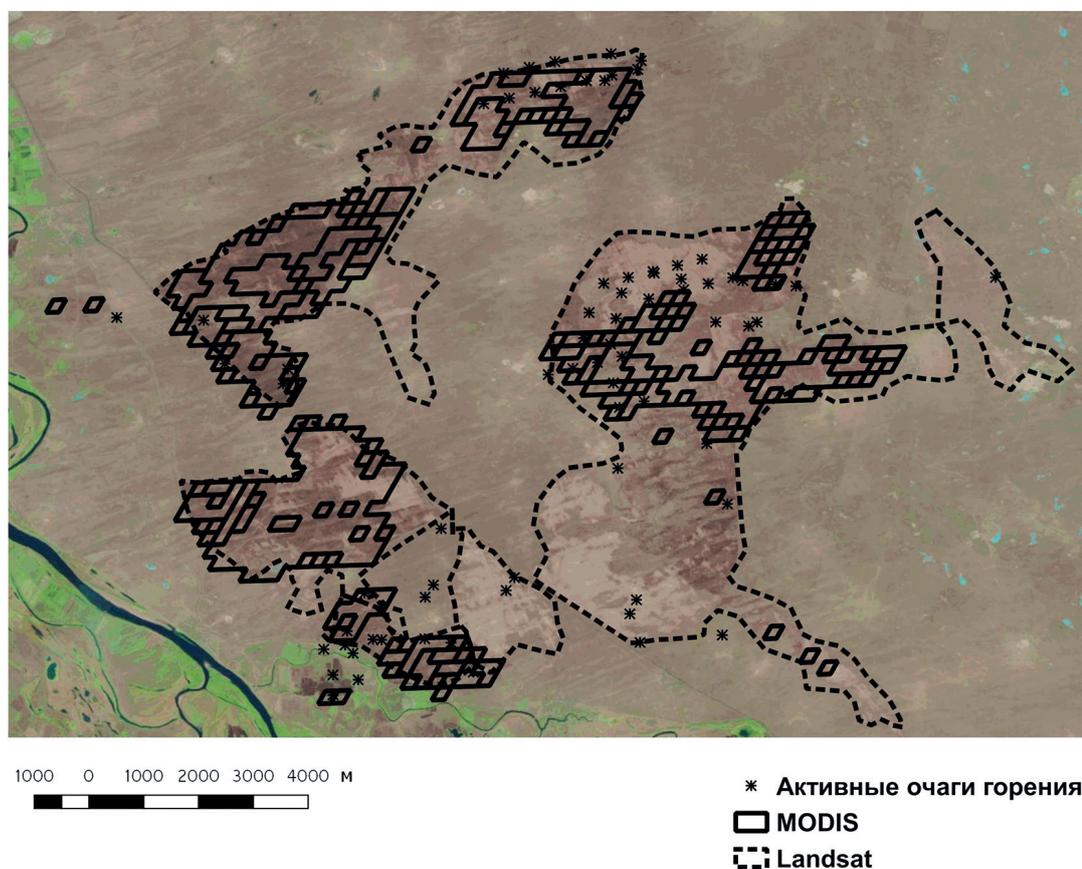


Рис. 1. Сравнение площадей сгоревших территорий по данным MCD45A1 и результатам визуального дешифрирования снимка Landsat-5 (2006)

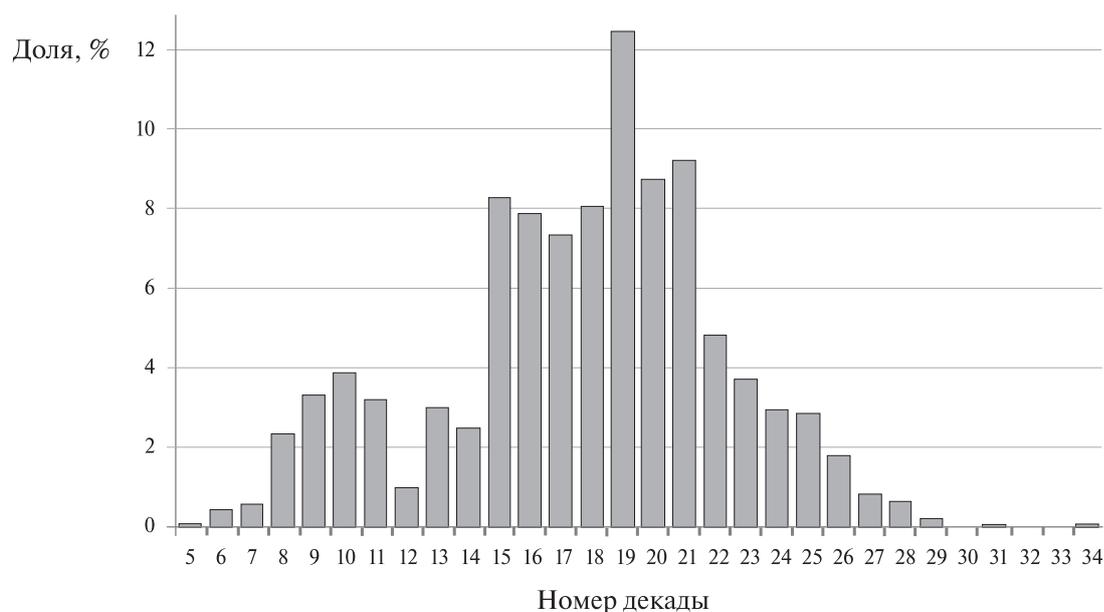


Рис. 2. Сезонная динамика количества активных очагов горения по данным MODIS за 2001–2016 гг.

Как показывает опыт идентификации сгоревших площадей (Дубинин и др., 2010; Павлейчик, 2015), продукты MODIS и автоматизированные системы мониторинга (ВЕГА, ИСДМ-Рослесхоз, FIRMS и т.п.) недостаточно полно отражают площади гарей (рис. 1). По этой причине основой для работы послужили спутниковые снимки Landsat. Данные о сгоревших площадях MODIS использовались для дополнительной верификации при дешифрировании космоснимков.

Визуальное дешифрирование степных пожаров в условиях Астраханской области имеет ряд преимуществ перед автоматизированными классификациями, поскольку на лёгких по гранулометрическому составу почвах гари за 2–3 недели заносятся песком и не отличаются от территорий, деградировавших в результате перевыпаса. Из-за сезонной динамики естественной травянистой растительности возникает необходимость выбора большого количества эталонов для обучающего слоя по каждому космоснимку, что не освобождает от визуального контроля результатов классификаций. В итоге автоматизированные способы обработки по трудозатратам приближаются к визуальному дешифрированию. Проводимые автором с 2014 г. полевые работы по эталонированию гарей подтверждают правильность идентификации сгоревших площадей и снижают количество возможных ошибок при их интерпретации по спутниковым снимкам.

Динамика пожаров оценивалась за 1997–2016 гг., выделены гари площадью более 0,1 км². Даты спутниковых снимков Landsat подбирались, исходя из сезонной динамики степных пожаров согласно MOD14A1 (рис. 2). Более 60% возгораний приходится на летние месяцы, поэтому анализировались преимущественно августовские и сентябрьские снимки. Кроме снимков текущего года для идентификации гарей использовались и весенние снимки следующего за пожаром года, на которых сгоревшие территории отличаются от несгоревших более светлым тоном из-за отсутствия растительной ветоши и более тёмным тоном — от сильно сбитых пастбищ.

Результаты и обсуждение

В результате работ по дешифрированию космоснимков Landsat получена серия векторных слоёв, отображающих пространственное и временное распределение степных пожаров в Астраханской области (рис. 3, см. с. 141).

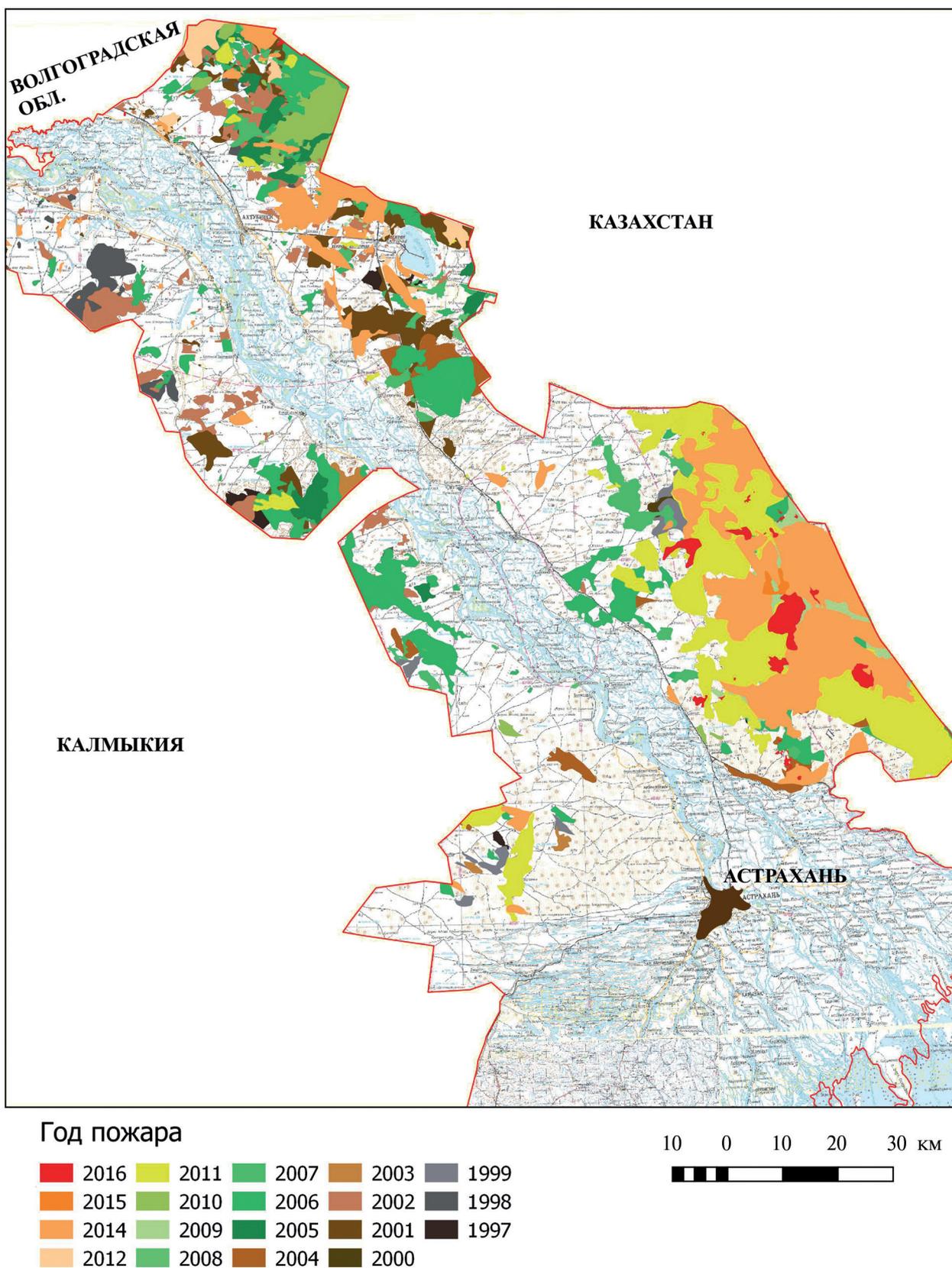


Рис. 3. Пространственно-временное распределение пожаров в зональных ландшафтах Астраханской области

За период исследований в общей сложности сгорело 11 575 км², что составляет 42% от площади зональных ландшафтов Астраханской области. Максимальное выгорание отмечено в 2006, 2011 и 2014 гг., в эти годы сгорело 14,9; 13,8 и 11,8% исследуемых ландшафтов соответственно (рис. 4). Наибольшие площади пожаров отмечены в заволжских районах области, что связано с меньшими пастбищными нагрузками и, соответственно, большим накоплением растительной ветоши. В последние два десятилетия поголовье овец и коз в области увеличивалось и на 2015 г. составляло более 2 млн голов (Кулик и др., 2015). При этом в заволжских районах области (Ахтубинский, Харабалинский, Красноярский) содержится 270–300 тыс. голов, а в районах правобережной части области (Черноярский, Енотаевский, Наримановский) — 850–900 тыс. голов на сопоставимой площади, вследствие чего пастбищные нагрузки здесь выше в 2–3 раза.

Помимо пастбищной дигрессии на состояние растительности значительно влияют гидротермические условия, особенно осадки. В малопродуктивных ландшафтах необходимо накопление достаточного количества мортмассы для распространения степных пожаров. Годам с максимальными площадями гарей предшествовали несколько лет, когда годовые суммы осадков превышали среднемноголетнюю величину (см. рис. 4). Интенсивная и длительная вегетация растительности препятствует возникновению степных пожаров, но при наступлении сухих лет (например, 2011 и 2014 гг.) складываются благоприятные условия для развития палов. При этом причиной возгораний чаще всего становятся сознательные поджоги из-за накопившегося старника.

Совмещение слоёв, отражающих площади пожаров разных лет, позволяет определить длительности пирогенных сукцессий на 2017 г. на различных территориях: от одного года до 20 лет. Проведение на этих участках полевых геоботанических описаний позволит определить закономерности пирогенных сукцессий в зависимости от их длительности и гидротермических условий. Для исключения при такой оценке влияния повторных возгораний определена частота пожаров и построена соответствующая карта (рис. 5, см. с. 143).

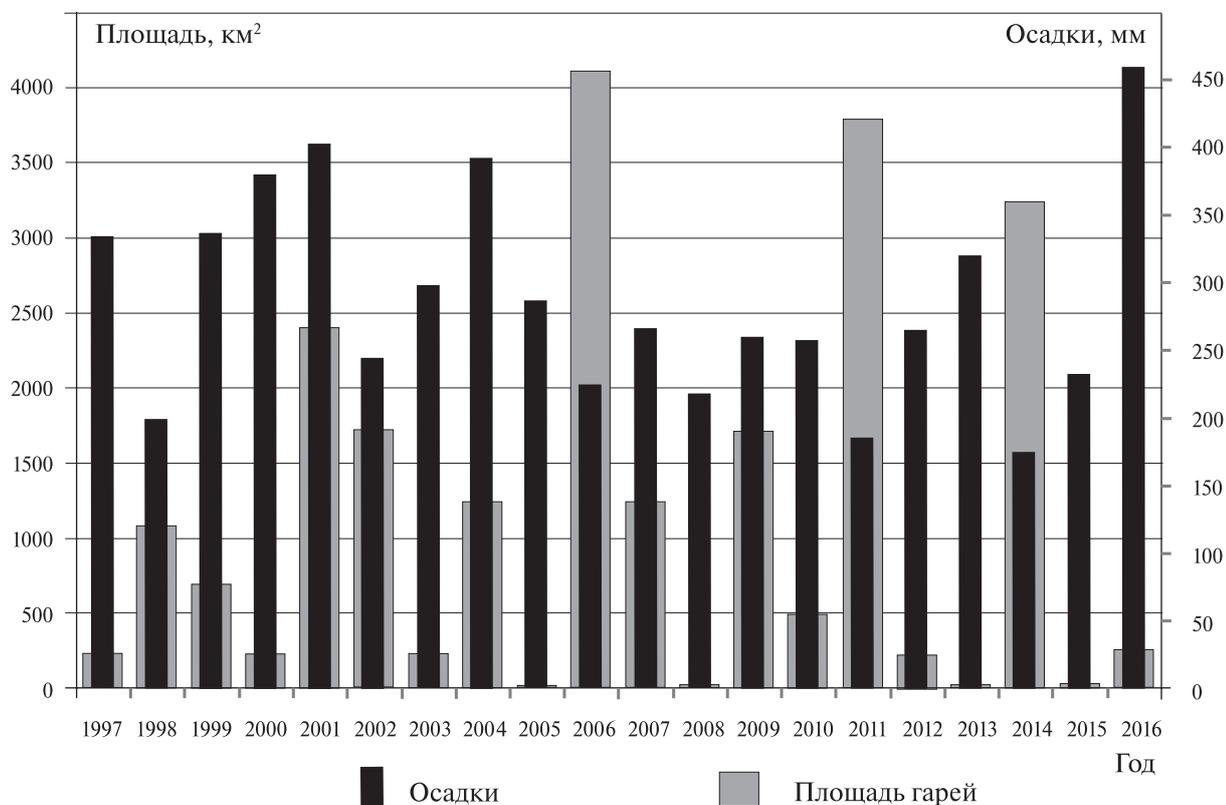


Рис. 4. Площади гарей в зональных ландшафтах Астраханской области и годовые суммы осадков по данным метеостанции «Астрахань»

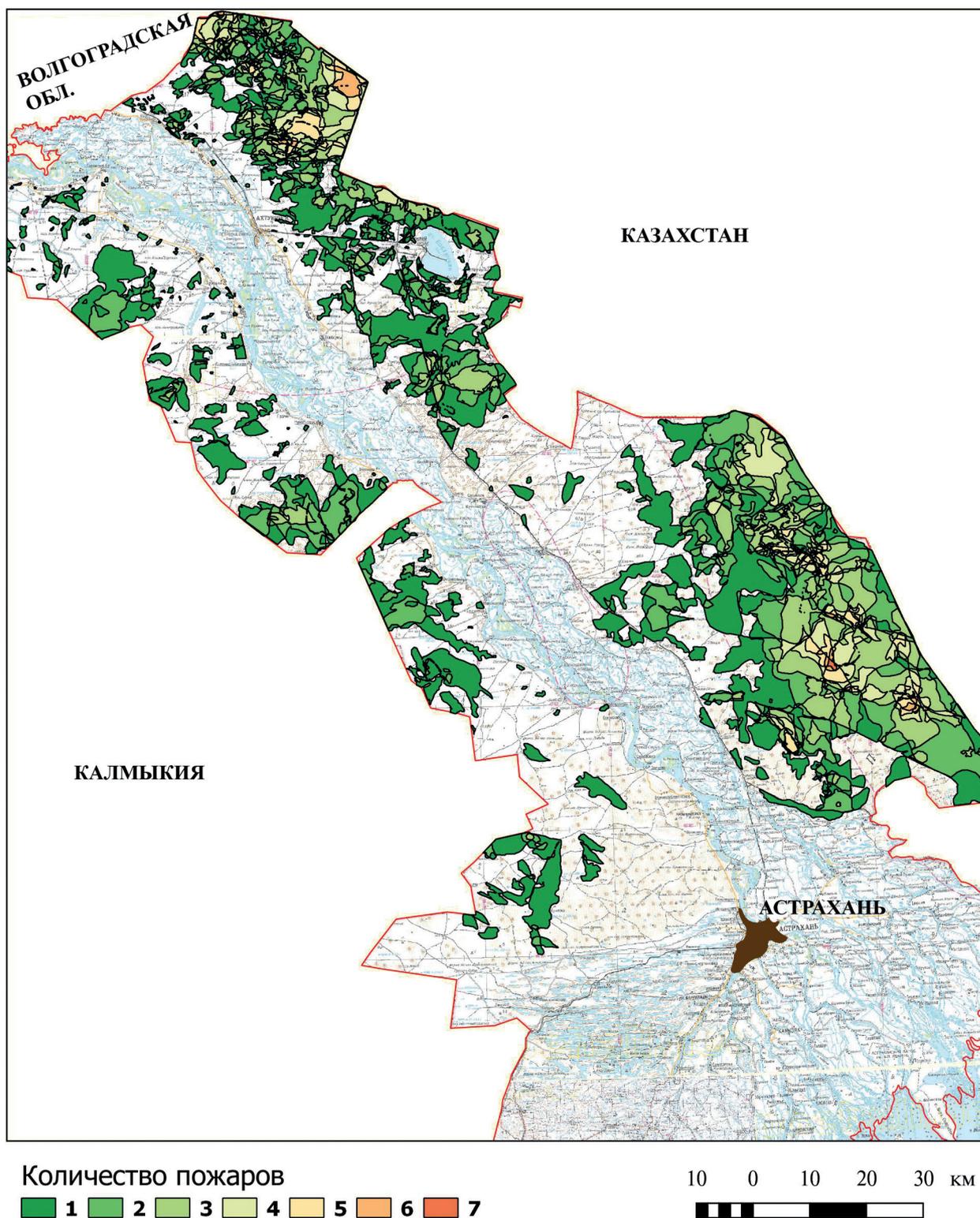


Рис. 5. Повторяемость пожаров в зональных ландшафтах Астраханской области

Максимальная частота пожаров составила 7–10 лет за период исследований, однако площади таких очагов меньше 0,05 % от всех сгоревших территорий. Половина всех гарей была пройдена пожарами единожды, четверть — дважды, оставшаяся часть — более двух раз (*таблица*). Основные очаги горения сосредоточены на северо-востоке области, где представлены ромашниково-злаково-полынные и полынно-злаковые растительные сообщества на светло-каштановых суглинистых почвах. Растительность здесь быстрее восстанавливается после пожаров за счёт дерновинных злаков (*Festuca*, *Agropyron*, *Stipa*); в суглинках более богатый банк семян, чем в песках, поэтому велика доля эфемеров (*Anisantha tectorum*, *Poa bulbosa*, *Descurainia sophia* и др.), которые вегетируют ежегодно и являются источником мортмассы (Шинкаренко, 2015).

Площади очагов степных пожаров в Астраханской области

Частота пожаров	Площадь, км ²	Доля, %
1	5923,45	48,06
2	3135,30	25,44
3	2009,35	16,30
4	879,29	7,13
5	294,78	2,39
6	77,96	0,63
7	5,07	0,04

В правобережной части, наоборот, частота пожаров минимальна. Это связано с низкой сомкнутостью травостоя и отсутствием растительной ветоши из-за интенсивного выпаса.

Выводы

В последние два десятилетия степные пожары участились по всему югу России (Дубинин и др., 2010; Павлейчик, 2015; Шинкаренко, 2015). Астраханская область не стала исключением — 42 % территории зональных ландшафтов региона было подвержено палам за последние 20 лет.

Серия разработанных векторных слоёв в полной мере позволяет оценить масштабы степных пожаров в Астраханской области. Карта пространственно-временного распределения пожаров в зональных ландшафтах отражает не только закономерности пожарного режима региона, но и показывает территории с различной длительностью пирогенных сукцессий на них. Использование этих материалов в дальнейшей полевой работе позволит в полной мере отразить особенности пирогенных сукцессий в южной степной и северной пустынной зонах.

Наибольшая частота пожаров отмечена на территориях с суглинистыми почвами, занятыми сообществами с доминированием дерновинных злаков. Участки, на которых отмечена пастбищная дигрессия, менее подвержены пожарам из-за отсутствия растительной мортмассы. Растительность на бугристых песках восстанавливается после пожаров медленнее, чем на суглинистых почвах, о чём свидетельствует меньшая частота возгораний и больший временной разброс между пожарами. В годы с максимальной площадью пожаров отмечается снижение годовой суммы осадков, им предшествуют несколько лет, сумма осадков за которые превышает среднемноголетние значения.

С учётом неточности официальных данных о сгоревших площадях и количестве возгораний предлагаемый мониторинг необходим на всей территории Северного Прикаспия для выявления очагов ландшафтных пожаров, прогнозирования развития возгораний и своевременной противопожарной профилактики.

Литература

1. *Воронина В. П., Власенко М. В., Вдовенко А. В.* Восстановление растительности целинных пастбищ Астраханской области, подвергшихся пирогенному воздействию // Научное обозрение. 2012. № 3. С. 10–17.
2. *Дубинин М. Ю., Луцкекина А. А., Раделоф Ф. К.* Оценка современной динамики пожаров в аридных экосистемах по материалам космической съёмки (на примере Черных земель) // Аридные экосистемы. 2010. Т. 6. № 3. С. 5–16.
3. *Дымова Т. В.* Мониторинг природных пожаров на территории Астраханской области // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. 2015. № 3 (13). С. 16–21.
4. *Ильина В. Н.* Пирогенное воздействие на растительный покров // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. 2011. Т. 20. № 2. С. 4–30.
5. *Кулик К. Н., Рулев А. С., Юферов В. Г.* Геоинформационный анализ динамики опустынивания на территории Астраханской области // Аридные экосистемы. 2015. Т. 21. № 3. С. 23–32.
6. *Лактионов А. П.* Флористическое районирование Астраханской области // Вестник Астраханского государственного технического университета. 2007. № 1 (37). С. 168–173.
7. *Немков В. А., Сапига Е. А.* Влияние пожаров на фауну наземных членистоногих заповедных степных экосистем // Экология. 2010. № 2. С. 141–147.
8. *Опарин М. Л., Опарина О. С.* Влияние палов на динамику степной растительности // Поволжский экологический журнал. 2003. № 2. С. 158–171.
9. *Павлейчик В. М.* Проблемы изучения степных пожаров (анализ результатов автоматизированного и визуального дешифрирования космических изображений) // Степи Северной Евразии: материалы 7-го международного симпозиума. 2015. С. 603–608.
10. *Попов А. В.* Степные пожары и сохранение биоразнообразия ООПТ Северного Прикаспия // Заповедное дело: проблемы охраны и экологической реставрации степных экосистем: материалы международной конференции. 2004. С. 152–153.
11. *Рулев А. С., Канищев С. Н., Шинкаренко С. С.* Анализ сезонной динамики NDVI естественной растительности Заволжья Волгоградской области // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2016. Т. 13. № 4. С. 113–123.
12. *Шинкаренко С. С.* Пространственно-временной анализ степных пожаров Приэльтона на основе данных ДЗЗ // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 11: Естественные науки. 2015. № 1. С. 87–94.

Assessment of steppe burning dynamics in Astrakhan Region

S. S. Shinkarenko

*Federal Scientific Center of Agroecology, Complex Meliorations
and Agroforestry RAS, Volgograd 400062, Russia
E-mail: vnialmi@bk.ru*

The article presents the results of geoinformation mapping of fires in the zonal landscapes of the Astrakhan Region. Research was based in RGB-composites Landsat-5, -7, -8 for the period from 1997 to 2016, as well as products MCD45A1 and MOD14A1 (2001–2016), containing data on burned areas and active fires. The MODIS data and automated monitoring systems do not fully display the areas of burned territories, therefore they were used only for verification in the case of visual interpretation. Near 60% of the active fires are on the summer months. For twenty years, the area of steppe fires was 42% of the entire study area, with 48% of the area burned only once, 25.4% twice, and 26.6% three or more times. Steppe fires are located in the north-eastern part of the region, because of the features of the soil-vegetation cover. Sod cereals on loamy light-chestnut soils are quickly restored after fires, and the abundance of ephemeral plants also contributes to the accumulation of mortmass. In the right-bank part of the region fires are rare. This is facilitated by pasture impact, which reduces the total amount of phytomass and reduces the plants projective cover. Vector layers of fires make it possible

to determine territories with different duration of pyrogenic successions, which will allow field studies of the regularities of restoration of vegetation after fires.

Keywords: natural vegetation, landscape fires, Landsat, MODIS, Astrakhan Region, remote sensing

Accepted: 11.10.2017

DOI:10.21046/2070-7401-2018-15-1-138-146

References

1. Voronina V. P., Vlasenko M. V., Vdovenko A. V., Vosstanovlenie rastitel'nosti tselinnykh pastbishch Astrakhanskoj oblasti, podvergshikhsya pirogennomu vozdeistviyu (Restoration of vegetation of exposed to pyrogenic action virgin pastures of the Astrakhan region), *Nauchnoe obozrenie*, 2012, No. 3, pp. 10–17.
2. Dubinin M. Yu., Lushchekina A. A., Radelof F. K., Otsenka sovremennoy dinamiki pozharov v aridnykh ekosistemakh po materialam kosmicheskoy s"emki (na primere Chernykh zemel') (Assessment of modern burning dynamics in arid ecosystems using remote sensing data (case study of Chernye zemli)), *Aridnye ekosistemy*, 2010, Vol. 6, No. 3, pp. 5–16.
3. Dymova T. V., Monitoring prirodnykh pozharov na territorii Astrakhanskoj oblasti (Monitoring natural fires on the territory of the Astrakhan region), *Inzhenerno-stroitel'nyi vestnik Prikaspiya*, 2015, No. 3 (13), pp. 16–21.
4. Il'ina V. N., Pirogennoe vozdeystvie na rastitel'nyi pokrov (Impact of fires on the vegetation cover), *Samarskaya Luka: problemy regional'noy i global'noy ekologii*, 2011, Vol. 20, No. 2, pp. 4–30.
5. Kulik K. N., Rulev A. S., Yuferev V. G., Geoinformatsionnyi analiz dinamiki opustynivaniya na territorii Astrakhanskoj oblasti (GIS-based analysis of the dynamics of desertification in the Astrakhan Region), *Aridnye ekosistemy*, 2015, Vol. 21, No. 3, pp. 23–32.
6. Laktionov A. P., Floristicheskoe rayonirovanie Astrakhanskoj oblasti (Floristic zoning of the Astrakhan region), *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 2007, No. 1 (37), pp. 168–173.
7. Nemkov V. A., Sapiga E. A., Vliyanie pozharov na faunu nazemnykh chlenistonogikh zapovednykh stepnykh ekosistem (Impact of fires on the fauna of terrestrial arthropods in protected steppe ecosystems), *Ekologiya*, 2010, No. 2, pp. 141–147.
8. Oparin M. L., Oparina O. S., Vliyanie palov na dinamiku stepnoy rastitel'nosti (Influence of fires on dynamics of steppe vegetation), *Povolzhskii ekologicheskii zhurnal*, 2003, No. 2, pp. 158–171.
9. Pavleichik V. M., Problemy izucheniya stepnykh pozharov (analiz rezul'tatov avtomatizirovannogo i vizual'nogo deshifirovaniya kosmicheskikh izobrazhenii) (Problems of studying of steppe fires (analysis of the results of the automated detection and visual interpretation of satellite images)), *Steppes of Northern Eurasia, Proc. 7th International Symposium*, Orenburg, 2015, pp. 603–608.
10. Popov A. V., Stepnye pozhary i sokhranenie bioraznoobraziya OOPT Severnogo Prikaspiya (Steppe fires and conservation of biodiversity of the Northern Near-Caspian Protected Areas), *Reserve Management: Problems of Protection and Ecological Restoration of Steppe Ecosystems*, Proc. International Conference, 2004, pp. 152–153.
11. Rulev A. S., Kanishchev S. N., Shinkarenko S. S., Analiz sezonnoi dinamiki NDVI estestvennoy rastitel'nosti Zavolzh'ya Volgogradskoy oblasti (Analysis of NDVI seasonal dynamics of natural vegetation of Low Trans-Volga in Volgograd region), *Sovremennyye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2016, Vol. 13, No. 4, pp. 113–123.
12. Shinkarenko S. S., Prostranstvenno-vremennoy analiz stepnykh pozharov Priel'ton'ya na osnove dannykh DZZ (The spatial and temporal analysis of steppe fires in Lake Elton area based on RSD), *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya 11: Estestvennye nauki*, 2015, No. 1, pp. 87–94.