

ГИС-проектирование и анализ многолетней региональной изменчивости лесных пожаров

И.И. Пивоварова, П.С. Белоус

Санкт-Петербургский университет государственной противопожарной службы

МЧС России

Аннотация: В статье рассматриваются возможности ГИС-технологий для оценки пространственно-временного распределения лесных пожаров на территории Европейской части России. Выполнен анализ изменчивости данных как о лесных пожарах, так и климатических данных за тот же многолетний период и на том же региональном масштабе. Выявлены общие тенденции и главные пожароопасные факторы, которые помогут в дальнейшем, при наличии надежных климатических сценариев, принимать решения по стратегиям предупреждения и более эффективного управления пожарами.

Ключевые слова: лесные пожары, геоинформационные системы, анализ, климат, пространственное распределение, эффективное управление.

Управление лесным пожаром начинается с его оценки. В России за последние десятилетия количество пожаров значительно увеличилось. Например, в 2020 году сезон лесных пожаров даже начался раньше обычного: из-за теплой зимы первые леса загорелись еще в январе. К июлю огнем было охвачено 1,2 млн. га земли, а общее число пожаров достигло 9 тысяч, один из которых впервые в истории произошел за Полярным кругом. Однако, в 2021 году, площадь возгорания в Сибири охватила уже 5 млн. га, а сами пожары стали одними из самых разрушительных с начала 2000-х.

Результаты природного пожара или процессов, связанных с пожаром, влияют на энергетический и водный обмен между поверхностью суши и атмосферой.

Последствия лесных пожаров для северных российских территорий наряду с общемировыми имеют и специфическую, очень немаловажную особенность. Пожары ускоряют исчезновение вечной мерзлоты, поскольку огонь разрушает органический слой почвы, защищающий ее от таяния. Как показали недавние исследования, после пожара вечная мерзлота сохраняет

аномально высокие температуры в течение 20 лет, а слой почвы, который в летний период тает, становится глубже на 30–50% [1].

Сегодня уже нет сомнений, что дальнейшее повышение средней температуры воздуха приведет к уменьшению интервала повторяемости естественных пожаров, усилению пожаров в бореальных лесах и тундровых экосистемах. Такое усиление пожаров, в свою очередь, может привести к значительному сокращению запасов углерода в этих экосистемах при сопоставимом увеличении содержания углерода в атмосфере. Справедливости ради, надо заметить, что не все лесные пожары плохи, а некоторые даже могут быть полезны для лесных экосистем. Например, огонь убирает мертвый и умирающий подлесок, что, в некоторых случаях, может помочь восстановить здоровье экосистемы.

Таким образом, каждый природный пожар – однократное и уникальное событие, которое представляет собой весьма неудобный объект для изучения и воздействия. Однако, многолетнее пространственное распределение позволяет увидеть основные тренды и дать прогноз на будущее.

Цель работы состояла в системном (пространственно-временном анализе) многолетних значений числа пожаров на Европейской территории России с выделением районов потенциальной пожарной опасности и определении факторов, эту опасность провоцирующих.

Методика работы и исходные данные

Риск возникновения пожара зависит от сочетания пожарной опасности и факторов возгорания. В данной работе мы будем говорить о статистически значимых трендах в многолетней изменчивости количества лесных пожаров и их региональном распределении. Т.е., на первом этапе мы ответим на вопрос, какова тенденция по количеству пожаров и их территориальной привязке за последние десятилетия, на втором этапе мы проанализируем, в какой мере межгодовая изменчивость пожаров зависит от климатических

факторов [2]. Цель работы не в том, чтобы сделать точный климатический анализ для изучаемой территории, а скорее для того, чтобы подчеркнуть общие климатические тенденции на том же региональном масштабе, что и информация о пожарах, и проанализировать изменчивость этих данных.

В работе собраны и обобщены данные по количеству пожаров с 1992 по 2021 год по всем административным округам Европейской территории России (рис.1).

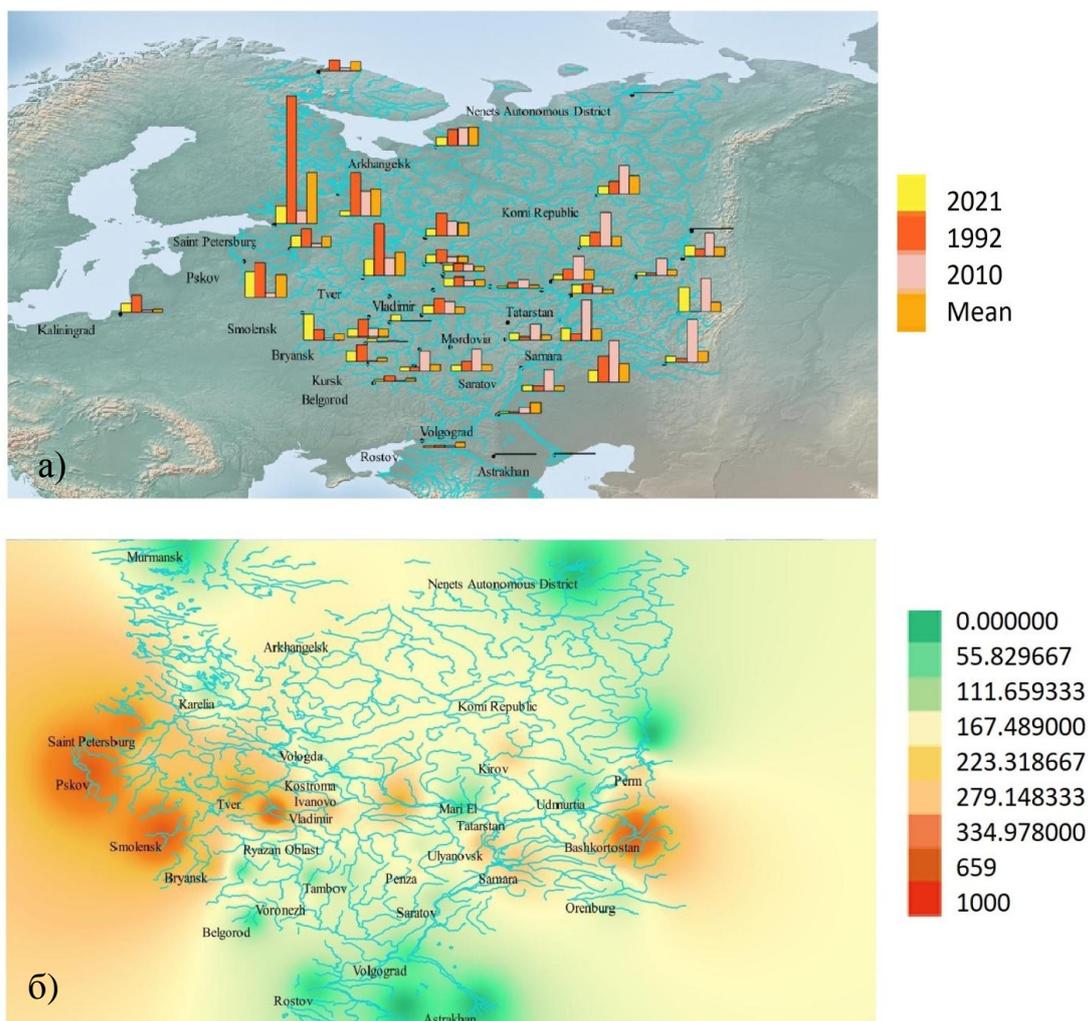


Рис. 1. – Многолетнее распределение пожаров на Европейской территории России:

- a)* Сравнительная диаграмма распределения количества пожаров в 1992, 2010, 2021 годах и среднее значение за период исследований;

б) ГИС-модель поверхностного распределения пожаров по Европейской территории России за 2021 год

В качестве исходного материала были использованы: данные МЧС России; ЕМИСС (государственная статистика); Информационная система дистанционного мониторинга Федерального агентства лесного хозяйства; отчеты Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет).

Инструментарием визуализации и анализа послужили геоинформационные технологии (ГИС), позволяющие объединять большое количество разнородной информации. С помощью ГИС можно быстро анализировать и отображать данные в различных схемах, что помогает выявлять закономерности и тенденции развития того или иного процесса [3-4]. Геоинформационное моделирование в нашем проекте осуществлялось пошагово. Вначале производился сбор различных типов данных: растровые, векторные файлы, количественные и качественные индикаторы, которые затем вводились в базу геоданных геоинформационной системы. Следующим шагом была обработка, классификация данных и создание модели распределения исследуемых характеристик.

ГИС-проектирование и анализ результатов

Таким образом были проанализированы данные по пожарам и климатические данные для одного и того же региона за одинаковый период времени (29 лет). Для сравнительного анализа выделены 1992 год (начальный период исследования), 2010 год (год с максимальными значениями пожаров), 2021год (заключительный этап обработки данных). Сделан ГИС-проект по интерполированным за весь период исследования значениям (рис.2).

Как показывает сравнительный анализ карт распределения в 1992 году и в 2010-м (год с максимальными летними температурами за

рассматриваемый период времени), отчетливо видна тенденция смещения зон наибольшей концентрации пожаров с запада на восток. Мы видим уменьшение экстремумов в Северо-Западном регионе и увеличение количества пожаров в Центральном регионе и верхнем Поволжье (рис.2). В 2021 году прослеживается, в целом, уменьшение количества пожаров на европейской территории России и смещение очагов высоких значений в азиатскую часть страны (рис.1).

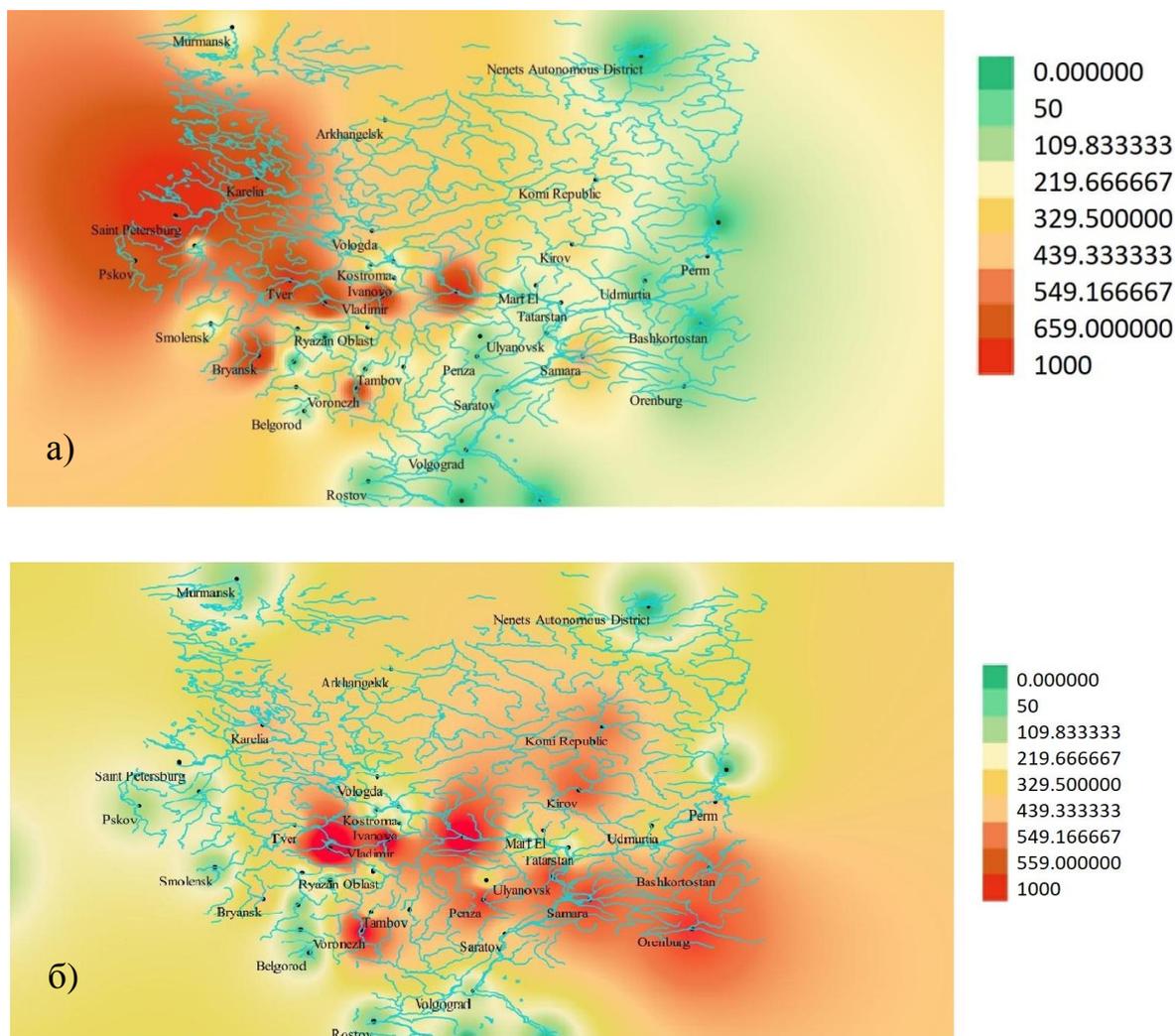


Рис. 2. – Распределение пожаров а) 1992 год и б) 2010 год

Если проанализировать пространственное распределение средних температур приземной температуры воздуха по территории России за многолетний период, то мы увидим четкую корреляцию с пожарами. С ростом солнечной радиации более благоприятными становятся условия для

возгорания и количество пожаров растет. В целом по России температура воздуха повышается, однако в разных регионах среднегодовой и сезонный рост происходит не одинаково.

По данным Росгидромета скорость роста осредненной по России среднегодовой температуры (линейный тренд) составила $+0.51/10$ лет (вклад в общую изменчивость 55%). Наиболее быстрый рост наблюдается для весенних температур ($0.66^{\circ}\text{C}/10$ лет), но на фоне межгодовых колебаний тренд больше всего выделяется летом ($0.39^{\circ}\text{C}/10$ лет: описывает 64% суммарной дисперсии). Максимум летнего потепления отмечается на юге Европейской территории России: ($0.72^{\circ}\text{C} /10$ лет). Причем скорость потепления на ЕТР увеличивается с севера на юг [5].

Второй главный климатический фактор, влияющий на количество пожаров, это осадки. Здесь, в отличие от температуры, присутствует обратная зависимость, с увеличением количества осадков риск возникновения пожара снижается.

Согласно отчетам Росгидромета, на территории России преобладает тенденция к увеличению годовых сумм осадков: тренд составляет 2.2% нормы /10 лет, вклад в дисперсию 39% (тренд статистически значим на уровне 1%). Изучение нами архива бюллетеней "Изменение погоды" за 2009 – 2020 годы (URL: global-climate-change.ru/index.php/ru/bul-izmenenie-klimata/archive-of-bullet) показало, что выраженный рост годовых осадков наблюдается со второй половины 1980-х гг. Однако распределение по регионам отличается. В Центральном, Приволжском, Южном регионах количество осадков уменьшается. В Северо-Западном – увеличивается быстрее, чем в целом по России.

Таким образом, можно сделать вывод: северные районы Европейской части России становятся теплее и дождливее, что способствует

нераспространению пожаров. В континентальных, более засушливых районах увеличивается температура воздуха и пожары.

Региональная взаимосвязь климатических факторов и количества пожаров

Анализ большого объема данных за статистически значимый период исследований позволяет сделать однозначное заключение о связи регионального охвата и количества пожаров с климатическими факторами. Т.е. может показаться, что в целом механизм воздействия метеорологических факторов на риск возникновения пожаров довольно прост: более теплое и сухое лето приводит к более крупным пожарам. Однако взаимосвязь погодных условий и пожаров, конечно, более сложная [6]. Нужно ответить на ряд вопросов по региональным закономерностям [7]. Например, где связь между климатическими особенностями и пожарами выражена особенно заметно, в северных или южных районах? Может быть, более заметная роль в северных (как правило, более влажных и более продуктивных) регионах связана с тем, что в южных (более засушливых) районах растительность лучше приспособлена к дефициту воды. Также очень важен анализ временных интервалов (например, продолжительность высоких температур и отсутствие осадков), которые предшествуют возникновению пожаров. Эта информация могла бы очень помочь в системе принятия решений по стратегиям предупреждения и более эффективного управления пожарами [8].

В работе показан потенциал имитационного ГИС-моделирования [9-10], в качестве эффективного инструмента для оценки того, когда и где наиболее вероятно возникнут лесные пожары и какие превентивные меры могут быть приняты.

Литература

1. Костарев С. Климатический кризис 2020 в России: тающая земля и лесные пожары. URL: nangs.org/news/ecology/klimaticheskij-krizis-2020-v-rossii-tayushtaya-zemlya-i-lesnye-pozhary.
2. Juli G. Pausas Changes in Fire and Climate in the Eastern Iberian Peninsula (Mediterranean Basin) // Climatic Change. 2014. № 63. pp. 337-350.
3. Янец П.К., Гадаль С.Ж., Иванова С.А. Моделирование риска лесных пожаров в Республике Саха (Якутия) методами ГИС // Успехи современного естествознания. 2019. № 11. URL: natural-sciences.ru/ru/article/view?id=37237.
4. Danilov A.S., Pivovarova I. I., Krotova S. U. Geostatistical Analysis Methods for Estimation of Environmental Data Homogeneity // The Scientific World Journal. 2018. № 1. pp. 1-7.
5. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2020 год // Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды: официальный сайт. 2021. URL: meteorf.ru/upload/pdf_download/doklad_klimat2020.pdf.
6. Дали Ф.А. Теоретические основы построения риск-ориентированных моделей управления пожароопасными событиями // Инженерный вестник Дона. 2021. № 9. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n9y2021/7170.
7. Ефремова О.А. Применение системного подхода к анализу проблемы использования пространственной информации для поддержки принятия решений региональными органами исполнительной власти // Инженерный вестник Дона. 2014. № 2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2014/2371.
8. Turco M and all. On the key role of droughts in the dynamics of summer fires in Mediterranean Europe // Scientific Reports. 2018. №7. pp. 81-95. DOI: 10.1038/s41598-017-00116-9.

9. Makhovikov A.B., Pivovarova I. I. Free data use for designing GIS-projects in the ecology students training course // Journal of Engineering and Applied Sciences. 2015. Vol. 10, № 8. pp. 257–265.

10. Merem E, Robinson B, Wesley J.M, Yerramilli S., Twumasi Y.A.. Using GIS in Ecological Management: Green Assessment of the Impacts of Petroleum Activities in the State of Texas. // Int J Environ Res Public Health. 2010. № 7(5): pp. 2101–2130.

References

1. Kostarev S. Klimaticheskiy krizis 2020 v Rossii: tayushchaya zemlya i lesnyye pozhary [Climate crisis 2020 in Russia: melting earth and forest fires]. URL: nangs.org/news/ecology/klimaticheskiy-krizis-2020-v-rossii-tayushtaya-zemlya-i-lesnye-pozhary.

2. Juli G. Pausas Climatic Change. 2014. № 63. pp.337-350.

3. Yanets P.K., Gadal' S., Ivanova S.A. Uspekhi sovremennogo yestestvoznaniya. 2019. № 11. URL: natural-sciences.ru/ru/article/view?id=37237.

4. Danilov A.S., Pivovarova I. I., Krotova S. U. The Scientific World Journal, 2018. № 1. pp.1-7.

5. Doklad ob osobennostyakh klimata na territorii Rossiyskoy Federatsii za 2020 god [A report on climate features on the territory of the Russian Federation in 2020]. Federal'naya sluzhba po gidrometeorologii i monitoringu okruzhayushchey sredy. 2021. URL: meteorf.ru/upload/pdf_download/doklad_klimat2020.pdf.

6. Dali F.A. Inzhenernyj vestnik Dona. 2021. № 9. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n9y2021/7170.

7. Efremova O.A. Inzhenernyj vestnik Dona, 2014. № 2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2014/2371.

8. Turco M. and all. Scientific Reports. 2018. № 7. pp. 81-95. DOI: 10.1038/s41598-017-00116-9



9. Makhovikov A.B., Pivovarova I. I. Journal of Engineering and Applied Sciences. 2015. Vol. 10. № 8. pp. 257–265

10. Merem E, Robinson B, Wesley J.M, Yerramilli S., Twumasi Y.A. Int J Environ Res Public Health. 2010. № 7(5). pp. 2101–2130.