



Всероссийская научная конференция с международным участием  
V конференция НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ УСТОЙЧИВОГО УПРАВЛЕНИЯ ЛЕСАМИ  
VIII конференция АЭРОКОСМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ И ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЛЕСОВЕДЕНИИ, ЛЕСНОМ  
ХОЗЯЙСТВЕ И ЭКОЛОГИИ

## **“НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ УСТОЙЧИВОГО УПРАВЛЕНИЯ ЛЕСАМИ” ПОСВЯЩЕННАЯ 30-ЛЕТИЮ ЦЭПЛ РАН**

### **ИЗУЧЕНИЕ СВЯЗЕЙ ИНФРАСТРУКТУРНОЙ ОСВОЕННОСТИ И ЕЖЕГОДНОЙ ГОРИМОСТИ ЛЕСОВ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ**

Подольская Е.С., Ершов Д.В., Ковганко К.А.

ЦЭПЛ РАН, Москва, Россия

26 апреля 2022 г.

# Содержание

- **Актуальность исследования**
- **Цель и задачи исследования**
- **Территория и данные**
- **Схема моделирования пространственных связей при помощи исследовательской регрессии**
- **Выбор оптимальных для региона размеров ячейки регулярной сети**
- **Анализ зависимости количества пожаров от инфраструктурной нагрузки для набора оптимальных размеров ячеек**
- **Заключение и направления будущих работ**
- **Литература и контакты**

- Леса оказывают значительное влияние на формирование климата нашей страны. Как отмечают исследования, большая часть лесного фонда Российской Федерации находится в удаленных и труднодоступных районах (Савченкова и др., 2020), что приводит к быстрому распространению лесных пожаров и переходу части пожаров в категорию крупных.
- Величина суммарной пройденной огнем площади всех крупных лесных пожаров потенциально влияет на величину экономического ущерба для бюджета страны. В направлениях долговременного освоения территорий и повышения эффективности борьбы с лесными пожарами уже ряд десятилетий в России и мире используются оценки инфраструктурной (или транспортной) доступности, например, в работе (Расторгуев и др., 2021).
- Уровень развития транспортной инфраструктуры напрямую влияет на экономическую доступность лесов (Петров, 2019), лесное хозяйство имеет свое инфраструктурное значение для региона и страны (Неверов и др., 2015). Отдельная статья 13 действующего Лесного Кодекса РФ (Лесной Кодекс, 2006) посвящена описанию объектов лесной инфраструктуры.



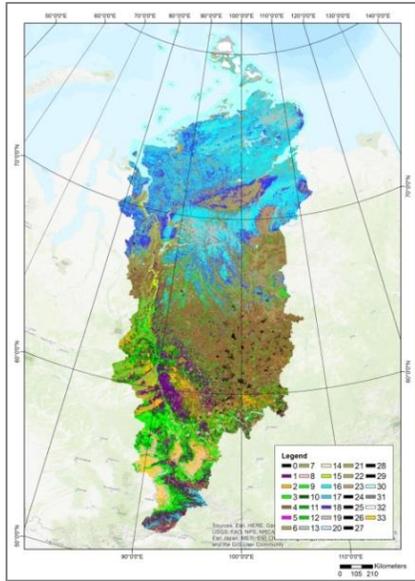
**Целью** предлагаемой работы является изучение возможных пространственных связей между инфраструктурной нагрузкой региона и данными по количеству лесных пожаров, которые детектируются спутниковыми методами в его пределах. В российской практике известны научные работы по связям между антропогенными и природными факторами, например, (Андреев, 2003).

Для изучения пространственного расположения мы используем методы геоинформатики в ряде методических и технологических разработок по наземному транспортному моделированию (Подольская и др., 2020 ; Podolskaia et al., 2020a, 2020b), в которых создается база геоданных маршрутов перемещения специальной пожарной техники по дорогам общего и специального пользования с целью обеспечения доступа к лесным пожарам и ресурсам леса. Обзор направлений транспортного моделирования в лесном хозяйстве с описанием исследований российских научных институтов и вузов был ранее сделан в работе (Подольская, 2021).

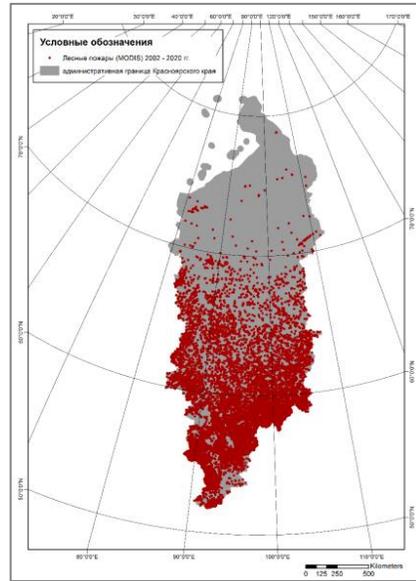
## Задачи:

1. Определение оптимального размера ячейки регулярной сети для статистического анализа влияния инфраструктуры на распределение лесных пожаров. Размер ячейки сети оценивается на основе пересечения ячейки сети с слоями населенных пунктов и дорог на примере данных по территории Красноярского края.
2. Анализ данных по дорожной сети и инфраструктуре населенных пунктов для набора сеток оптимального для региона размера.
3. Возможные выводы о связях пространственного размещения регистрируемых по MODIS лесных пожаров и инфраструктуры населенных пунктов и дорог.

## Типы растительности (данные MODIS)

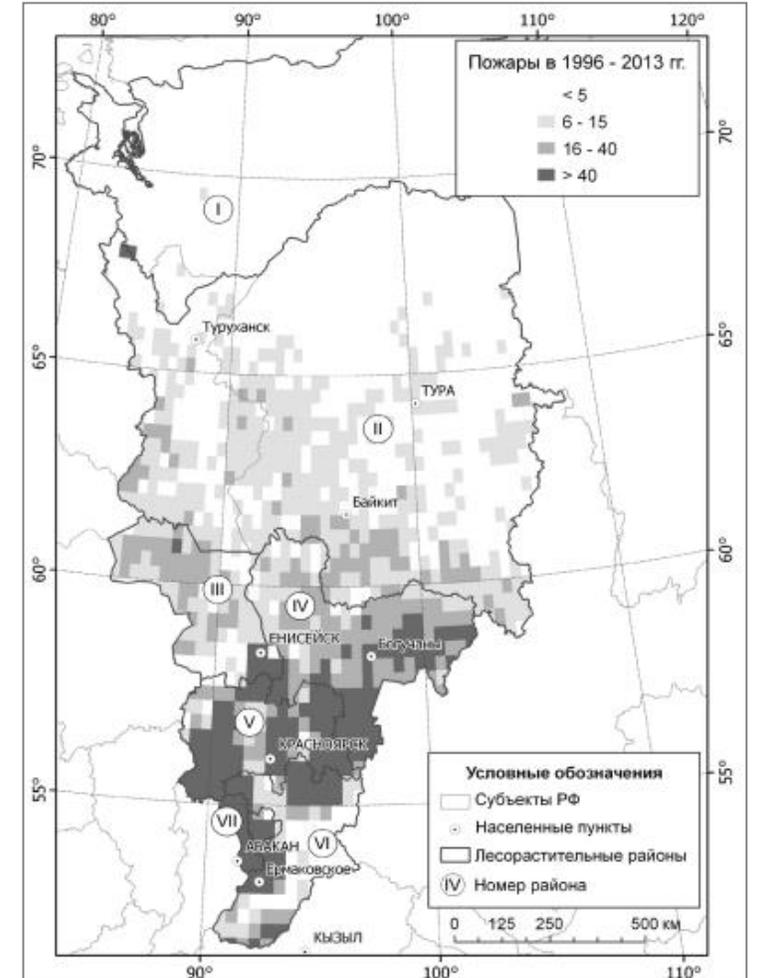


## Лесные пожары (MODIS) архив 2002-2020



## Фактические данные о повторяемости пожаров в лесных районах Красноярского края. По материалам спутникового мониторинга в 1996 – 2013 гг.

Хвойные бореальной зоны, XXXII, № 1 - 2, 2014  
УДК : 630.431(571.51)  
**ГОРИМОСТЬ ЛЕСОВ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ**  
С.А.Москальченко<sup>1</sup>, Е.И. Пономарёв<sup>2</sup>, А.В. Иванов<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Сибирский государственный технологический университет»,  
660049 Красноярск, пр. Мира, 82; e-mail: kurlin@list.ru  
<sup>2</sup>Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Россия  
660036, Красноярск, Академгородок, 50/28; e-mail: evg@ksc.krasn.ru  
Дана краткая лесопожарная характеристика Красноярского края, представлен анализ горимости лесов за период с 2000 по 2014 год на основе статистических данных Красноярского лесопожарного центра. Показано распределение лесных пожаров по лесным районам и основные причины их возникновения. Выделены периоды повышенной пожарной опасности.  
*Ключевые слова:* Горимость, лесной пожар, мониторинг, лесной район, пожарная опасность



•Территорией интереса выбран Красноярский край, один из самых больших по площади субъектов административно-территориального деления России. В работе (Фуряев и др., 2017) отмечается, что территория этого региона из-за большой протяженности с севера на юг отличается большим разнообразием условий климата, роста леса и экономического развития.

•Горимость региона была проанализирована в одной из работ последних лет (Москальченко и др., 2014). В этой статье на основе статистики по лесным пожарам и метеоинформации архива 2000-2014 г. было показано, что степень горимости по количеству пожаров относится к категории “низкая”, а по площади, пройденной огнем, край отнесен к категории “выше средней”. С точки зрения интегральной транспортной доступности (автомобильный, железнодорожный и авиационный виды транспорта) Красноярский край отнесен исследователями к региону с неудобным транспортно-географическим положением (Лавриненко и др., 2019).

Красноярский край  
(190090)  
Версия #214  
zh: Federal subjects of Russia

Отредактировано около 2 месяцев назад  
пользователем [Leruse](#) · Пакет правок  
#117799846

Теги

ISO3166-2	RU-KYA
addr:country	RU
admin_level	4
boundary	administrative
gost_7.67-2003	РОФ-КРХ
int_ref	RU-KYA
is_in:continent	Asia
is_in:country	Russia

<https://www.openstreetmap.org/relation/190090#map=3/70.99/158.03>

## Набор данных NextGIS OSM (31/01/2022)

**Населенные пункты**

- more than 100 000
- 10 000 - 100 000
- 1 000 - 10 000
- less than 1 000

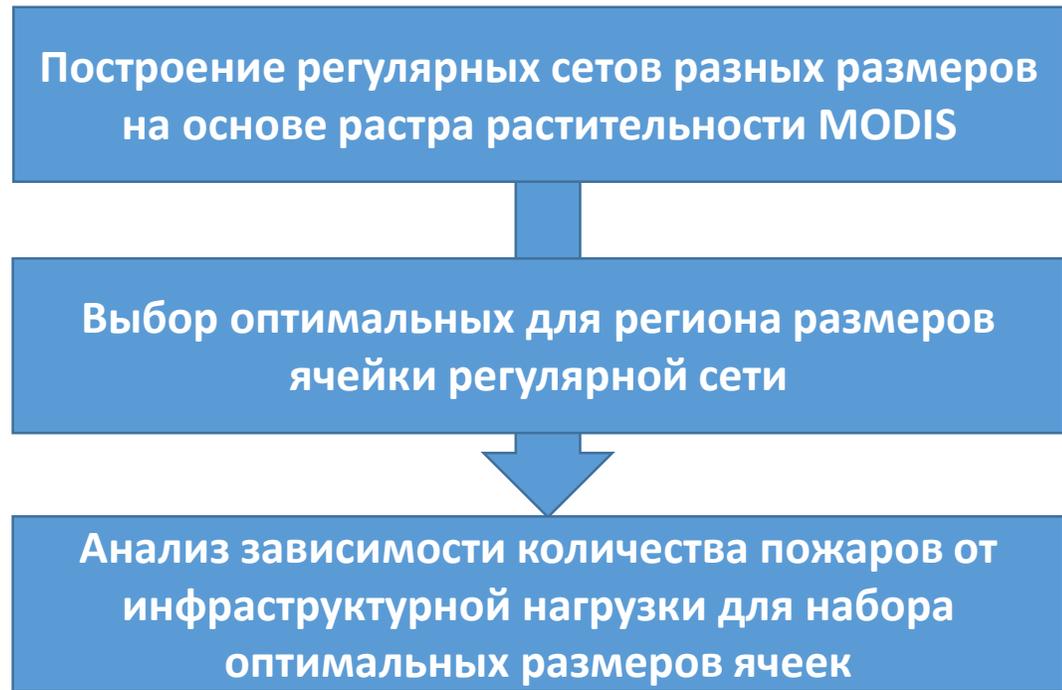
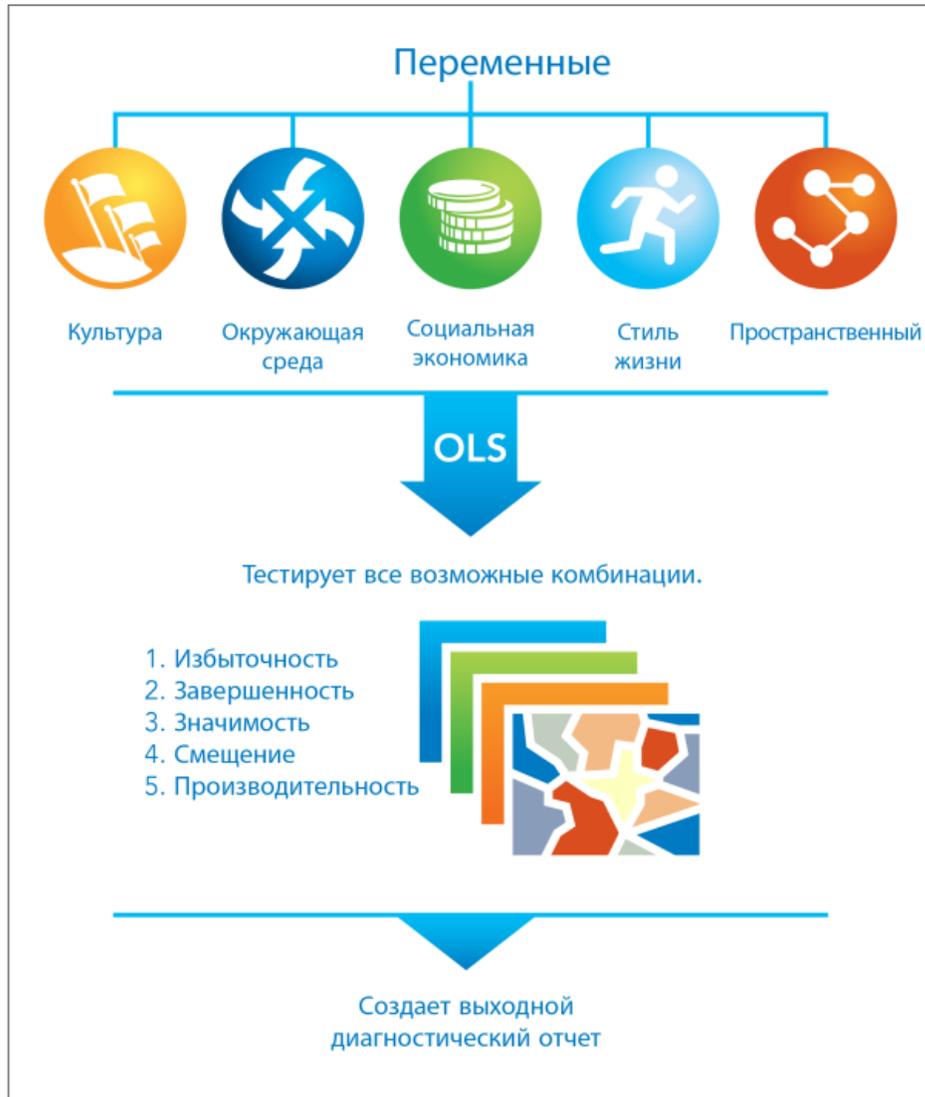
*Населенные пункты – точки  
(по классификации OSM)*

**Автомобильные дороги**

- федерального значения
- регионального значения
- областного значения
- районного значения
- местного значения
- сельскохозяйственного назначения

Путем сопоставления данных по населенным пунктам и дорожной сети архивных материалов (база геоданных на территорию России масштаба 1: 200 000, датируемая примерно 2000 г.) и актуального набора данных OSM (январь 2022 г.) было установлено, что инфраструктурная освоенность территории Красноярского края не претерпела существенных изменений.

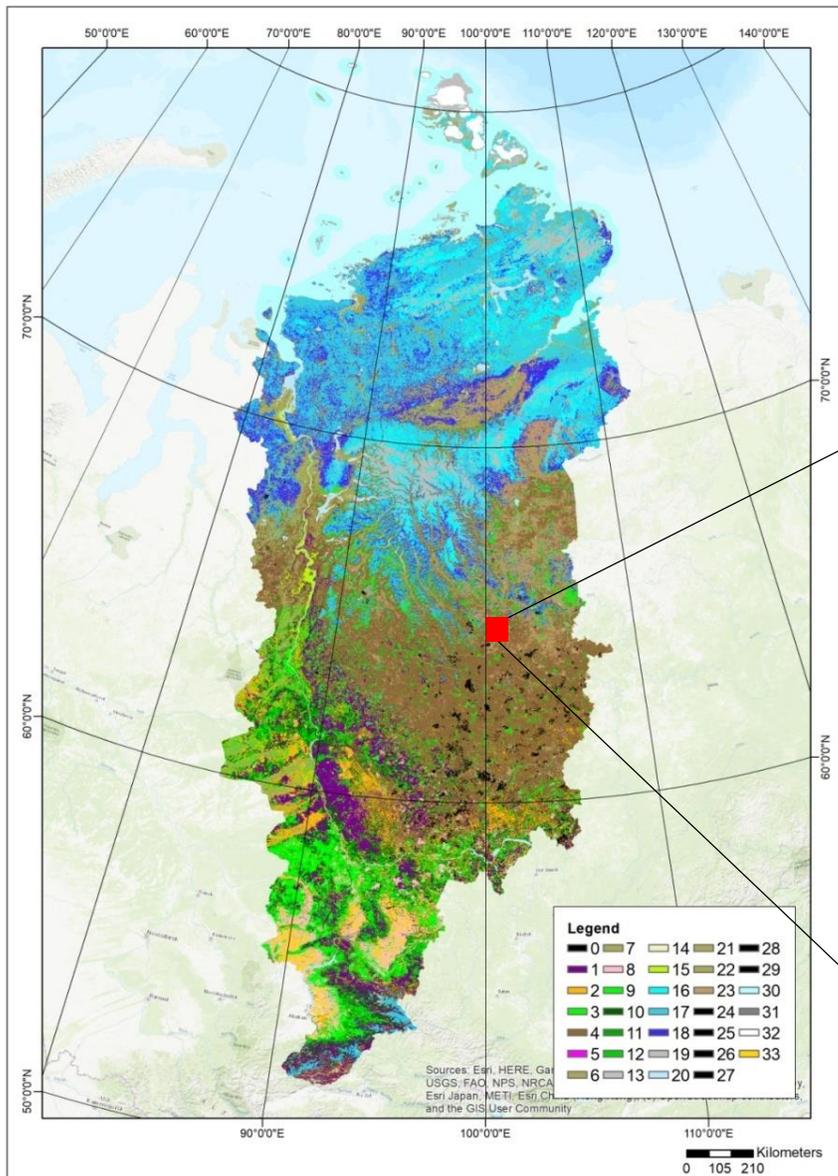
# Схема моделирования пространственных связей при помощи исследовательской регрессии



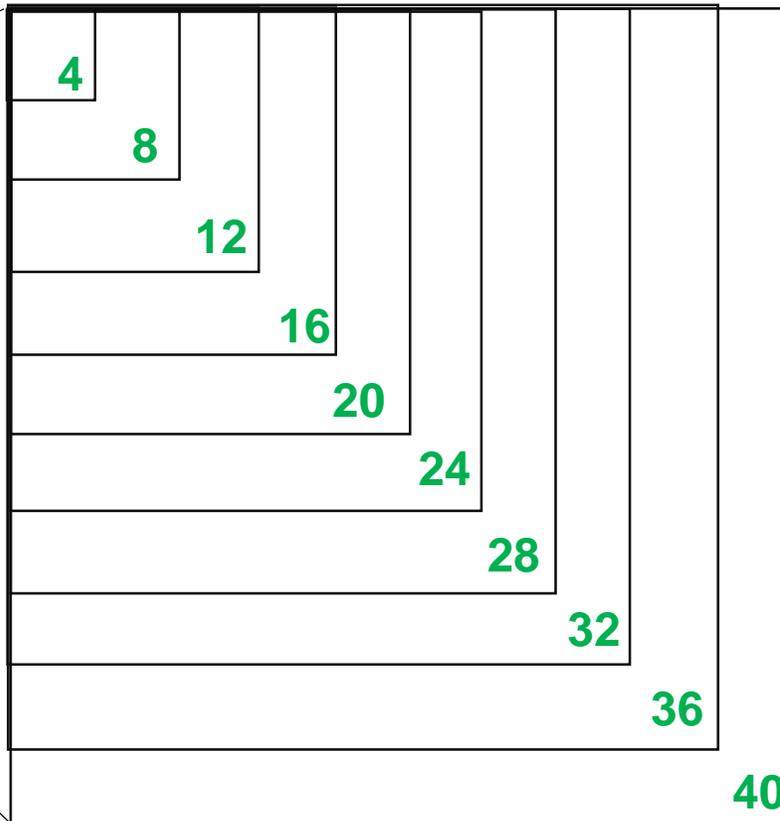
**Количество пожаров (архив MODIS 2002-2020 гг.) зависит от**

- количество населенных пунктов (OSM)
- количество дорог (OSM)
- количество ПХС (пожарно-химические станции)

# Выбор оптимальных для региона размеров ячейки регулярной сети (1)



От растра растительности MODIS  
- к полигональной векторной сетке  
(размер в км)



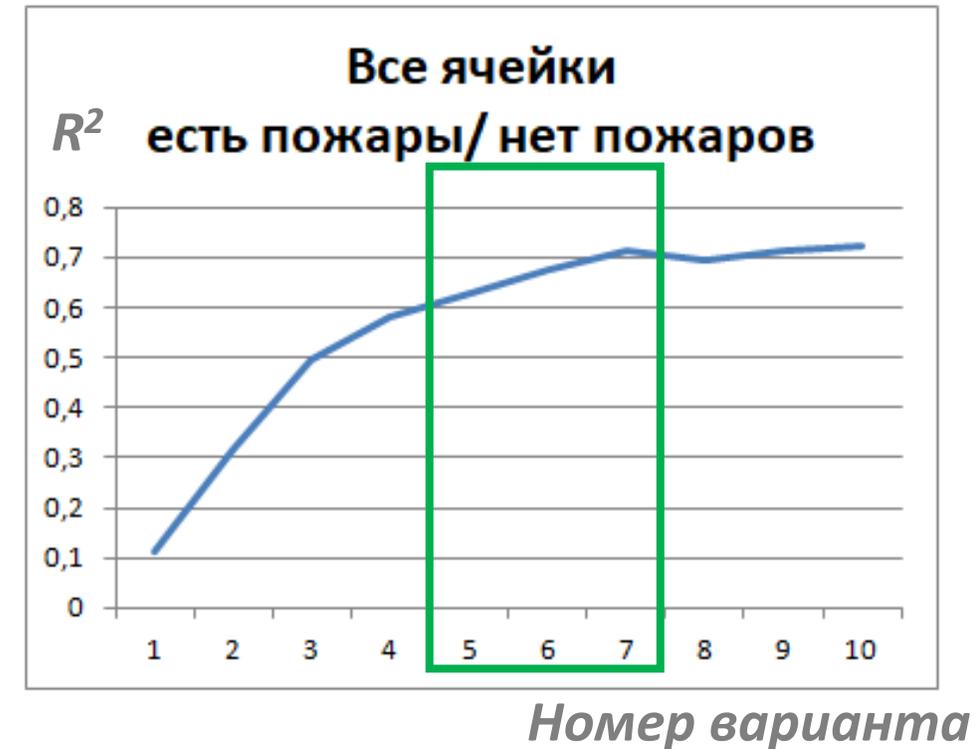
- 4 км – 16 км<sup>2</sup>
- 8 км – 64 км<sup>2</sup>
- 12 км – 144 км<sup>2</sup>
- 16 км – 256 км<sup>2</sup>
- 20 км – 400 км<sup>2</sup>
- 24 км – 576 км<sup>2</sup>
- 28 км – 784 км<sup>2</sup>
- 32 км – 1024 км<sup>2</sup>
- 36 км – 1296 км<sup>2</sup>
- 40 км - 1600 км<sup>2</sup>

# Выбор оптимальных для региона размеров ячейки регулярной сети (2)

(“нулевые” и “ненулевые” по пожарам ячейки)



Вариант	Размер ячейки, км	Значение $R^2$ исследовательской регрессии Все ячейки	
		Есть пожары и нет пожаров	
1	4		0,114
2	8		0,318
3	12		0,496
4	16		0,583
5	20	0,629	
6	24	0,675	
7	28	0,713	
8	32		0,695
9	36		0,713
10	40		0,724



# Анализ зависимости количества пожаров от инфраструктурной нагрузки для набора оптимальных размеров ячейки (“ненулевые” по пожарам ячейки)

Варианты размеров ячеек, км	$R^2$	$R^2$	$R^2$
20	Населенные пункты: 0,613	Длина дорог: 0,263	Число участков дорог: 0,143
24	Населенные пункты: 0,662	Длина дорог: 0,272	Число участков дорог: 0,152
28	Населенные пункты: 0,702	Длина дорог: 0,292	Число участков дорог: 0,172

Все 3 варианта показывают единую зависимость по убыванию значений

Расположение лесных пожаров, детектированных системой MODIS, зависит от

- 1) количества населенных пунктов,
- затем 2) длины дорог
- и затем 3) числа участков дорог

## Заключение и направления будущих работ

- Для Красноярского края в качестве материала для исследования был выбран набор данных OSM; для анализа использовались сетки ячеек разного размера, построенные на основе пиксельной карты растительности MODIS.
- После расчетов количества населенных пунктов, длин и количества участков дорог по ячейкам сеток были исследованы варианты зависимостей при исключении “нулевых” (по наличию данных по лесным пожарам архива 2002-2020 гг. и по инфраструктуре) ячеек. Инструментом ГИС-анализа была выбрана исследовательская регрессия.
- Подтверждена зависимость количества детектированными спутниковыми методами лесных пожаров от наличия населенных пунктов и дорожной сети (последовательно: число населенных пунктов, длина и количество участков дорог) для трех вариантов размеров ячеек в 20, 24 и 28 км.
- Для продолжения исследования планируется связать данные по инфраструктуре с типами растительности и зонами охраны лесов, необходимы дополнительное изучение возможных зависимостей от месяцев пожароопасных сезонов региона. Также планируется изучить связи данных по инфраструктурной нагрузке региона и пирогенным эмиссиям.

### ***Благодарности***

***Исследования выполнены в рамках темы ГЗ " Методические подходы к оценке структурной организации и функционирования лесных экосистем", регистрационный номер НИОКТР 121121600118-8.***



# Литература

- Андреев Ю. А. Влияние антропогенных и природных факторов на возникновение пожаров в лесах и населенных пунктах: диссертация ... доктора технических наук: 05.26.03. Москва, 2003. 333 с.
- Лавриненко П. А., Ромашина А. А., Степанов П. С., Чистяков П. А. Транспортная доступность как индикатор развития региона // Проблемы прогнозирования. 2019. № 6. С. 136-146.
- Лесной кодекс Российской Федерации от 04.12.2006. N 200-ФЗ (ред. от 30.12.2021) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.03.2022) [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_64299/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_64299/) (дата обращения 24 апреля 2022).
- Москальченко С. А., Пономарев Е. И., Иванов А. В. Горимость лесов Красноярского края в современных условиях // Хвойные бореальные зоны. XXXII. № 1-2. 2014. С. 33 – 39.
- Неверов А. В., Шалимо П. В., Лукашук Н. А. Инфраструктурная роль лесного хозяйства в контексте общенационального и регионального развития // Труды БТГУ. Экономика и управление. 2015. № 7. С. 81-85.
- Петров А. П. Экономические отношения в лесном хозяйстве: прошлое, настоящее и вызовы будущего // Вопросы лесной науки. Т 2 (1). 2019. С. 1-22. DOI 10.31509/2658-607x-2019-2-1-1-22
- Подольская Е. С. Обзор опыта решения задач транспортного моделирования в лесном хозяйстве // Вопросы лесной науки. Т. 4. № 4. 2021. С. 1-32. DOI 10.31509/2658-607x-2021-44-92
- Подольская Е. С., Ершов Д. В., Ковганко К. А. Транспортное моделирование наземного доступа для борьбы с лесными пожарами на уровне Федеральных округов России // Сборник статей по итогам научно-технических конференций. Выпуск 11. М.: МИИГАиК, 2020. 199 с. / Приложение к журналу Известия вузов «Геодезия и аэрофотосъемка». С. 154-156.
- Расторгуев И.А., Щепетина Т.Д., Баланин А.Л. Применение геоинформационной системы для оценки инфраструктурной доступности регионов с позиций освоения и развития// Информационные и математические технологии в науке и управлении. 2021. № 3(23). С. 40-48. DOI:10.38028/ESI.2021.23.3.004
- Савченкова В. А., Коршунов Н. А., Котельников Р. В., Перминов А. В. Информационное обеспечение при тушении крупных лесных пожаров // Сибирский лесной журнал. 2020. № 6. С. 30–40.
- Соколов В. А., Втюрина О. П., Соколова Н. В. О разработке стратегии развития лесного комплекса Красноярского края на период до 2030 года // Сибирский лесной журнал. 2016. № 4. С. 39–48.
- Соколов В. А., Соколова Н. В., Втюрина О. П., Лапин Е. А. Прогноз динамики лесов Красноярского края // Сибирский лесной журнал. 2017. № 4. С. 91–100.
- Соколов В. А., Втюрина О. П., Соколова Н. В. Лесные ресурсы Красноярского края: перспективы и ограничения использования // Сибирский лесной журнал. 2021. № 4. С. 24–33.
- Фуряев В. В., Цветков П. А., Фуряев И. В., Злобина Л. П. Горимость лесов и лесоводственно-экономические предпосылки для улучшения охраны в лесных районах Красноярского края // Сибирский лесной журнал. 2017. № 5. С. 55–62.
- Podolskaia E. S. Analysis of infrastructural forest data with GIS-tools // Abstr. Int. Cartogr. Assoc., 3, 243, <https://doi.org/10.5194/ica-abs-3-243-2021>, 2021.
- Podolskaia, E., Ershov, D., and Kovganko, K. (2020a): Automated construction of ground access routes for the management of regional forest fires. J. For. Sci., 66: 329–338. <https://doi.org/10.17221/59/2020-JFS>
- Podolskaia, E., Ershov, D. and Kovganko, K. (2020b): GIS-Approach to Estimate Ground Transport Accessibility of Forest Resources (Case Study: Novosibirsk Region, Siberian Federal District, Russia). Journal of Geographic Information System, 12: 451-469. [10.4236/jgis.2020.125027](https://doi.org/10.4236/jgis.2020.125027)

**Группа по решению  
транспортной задачи в лесном  
хозяйстве**  
Лаборатория мониторинга лесных  
экосистем  
ЦЭПЛ РАН, Москва, Россия

Моделирование наземного доступа  
к лесным пожарам и ресурсам леса  
<http://cepl.rssi.ru/transport-modeling/>

Екатерина Подольская  
([podols\\_kate@mail.ru](mailto:podols_kate@mail.ru))  
Дмитрий Владимирович Ершов,  
Константин Ковганко