

Свойства почв при восстановлении лесной растительности на заброшенных пашнях юга Московской области

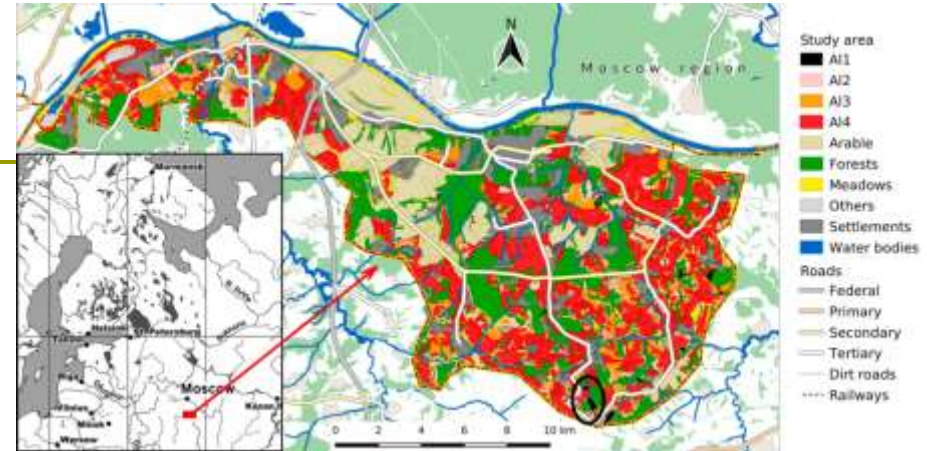
Л.Г. Ханина, М.В. Бобровский,
В.Э. Смирнов, К.В. Иващенко

- Институт математических проблем биологии РАН – филиал Института прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН
- Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН
- Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН

Москва, 2019



Landscape scale



RESEARCH

Open Access



Effect of spring grass fires on vegetation patterns and soil quality in abandoned agricultural lands at local and landscape scales in Central European Russia

Larisa G. Khanina^{1*}, Vadim E. Sminov^{2,1}, Michael S. Romanov¹ and Maxim V. Bobrovsky³

Abstract

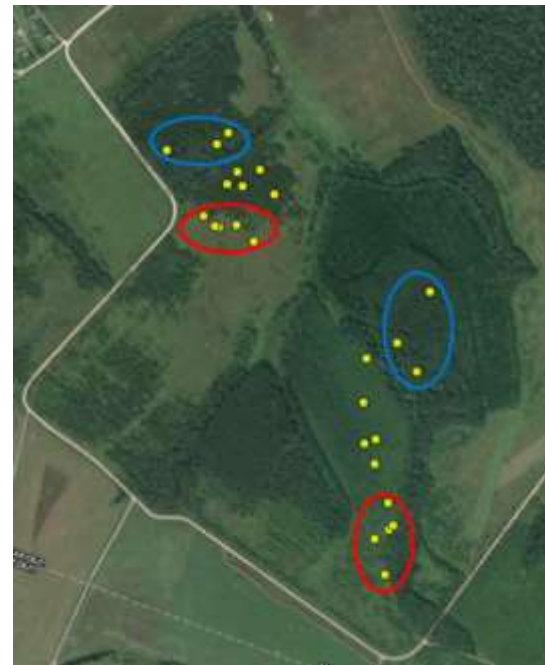
Introduction: Abandonment of agricultural land is often happening all over the world and widespread in Russia. Such lands are subject to successional changes in vegetation and it seems necessary to provide effective methods for a sustainable ecosystem management of those lands. However, factors which determine successional processes, especially fires, have not been studied in detail. The aim of this article is to reveal how spring grass fires affect the abandoned arable lands in the study area at the landscape and local scales.

Methods: A region of 265.5 km² located in the south of Moscow was studied. At the landscape scale, we analyzed the spatial characteristics of the area in relation with a 30-year history of spring fire events extracted from the Landsat archive, and climatic data. Logistic regression was used. At the local scale, we sampled soil and vegetation at two sites and in three biotopes at each site: mature forest and two neighboring biotopes affected and unaffected by fire. Plant species diversity, soil quality, and relationship between soil and vegetation were assessed by ANOVA, *t* test, NMDS, and dbRDA.

Results: Abandoned lands covered 39% of the study area and not less than 72% of these were affected by grass fires, happening mainly between 1998 and 2014. Man causes the ignition of the field layer accidentally, but the area over which the fire spreads is determined by climatic factors and the presence of flammable material (dry grass and litter) for burning. High March temperatures and low precipitation values in April increase the inflammability of dry grasses which are abundant on the former fields. As a result, burnt areas are steadily expanding in abandoned lands where trees are scarce. On abandoned lands that were either affected or unaffected by fires, two different plant communities developed, respectively: grassy vegetation mainly dominated by *Calamagrostis epigeios* and young forest of pioneer trees with high crown coverage. Practically all soil variables were statistically different in three biotopes at the research sites. Plant species composition was best explained by six soil variables: P2O5, C/N, pH, K, SOC, and N values.

Conclusions: We showed the key role of grass fires in the formation of differences in soil and vegetation during the successional recovery of abandoned lands at the local and landscape scales.

Local scale



* Correspondence: lxhan@lata@gmail.com

¹Institute of Mathematical Problems of Biology RAS, branch of the M.V. Keldysh Institute of Applied Mathematics of the Russian Academy of Sciences, 1 Prof. Vitevskiy St, Pushchino, Moscow Region 142280, Russia

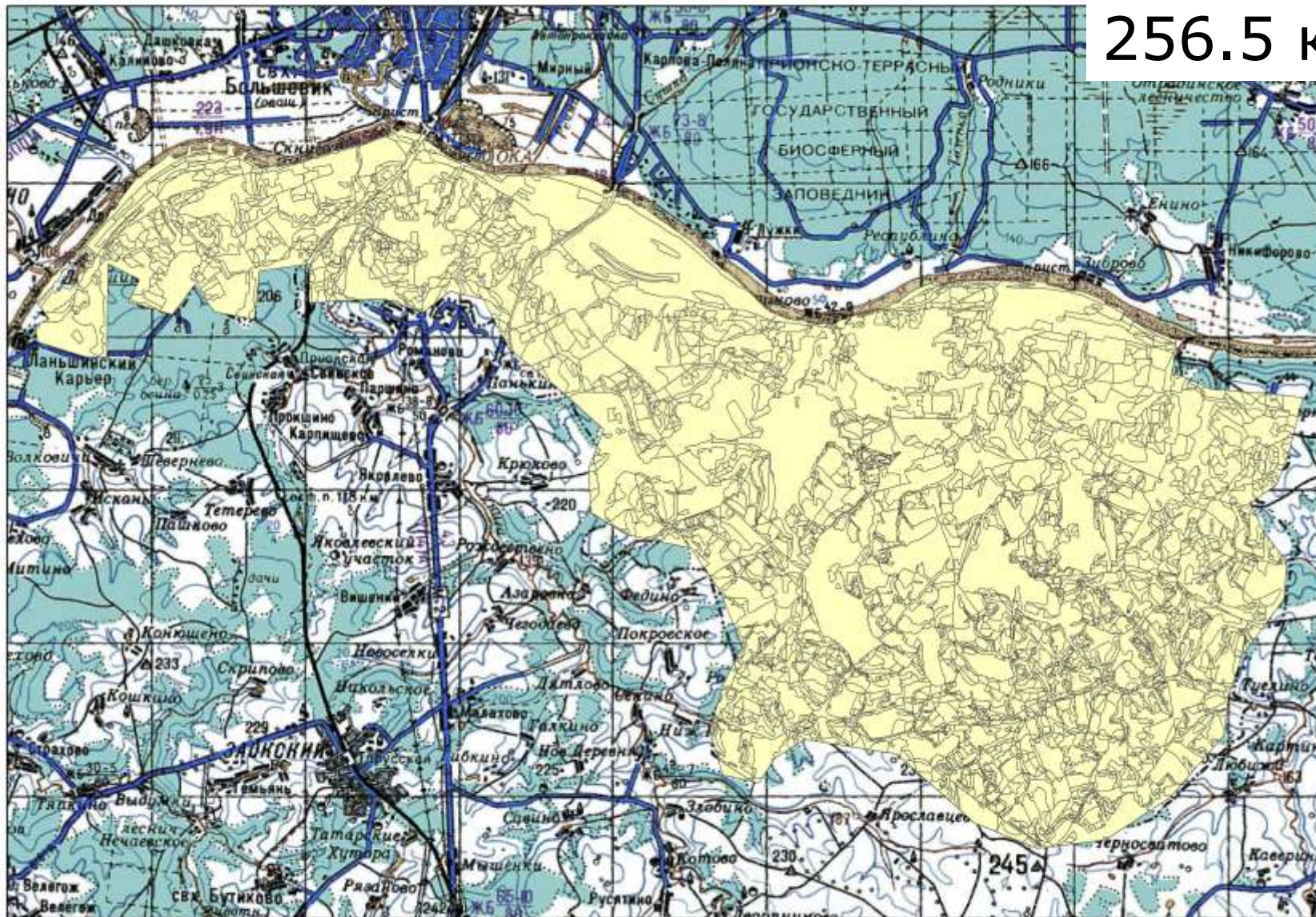
Full list of author information is available at the end of the article.



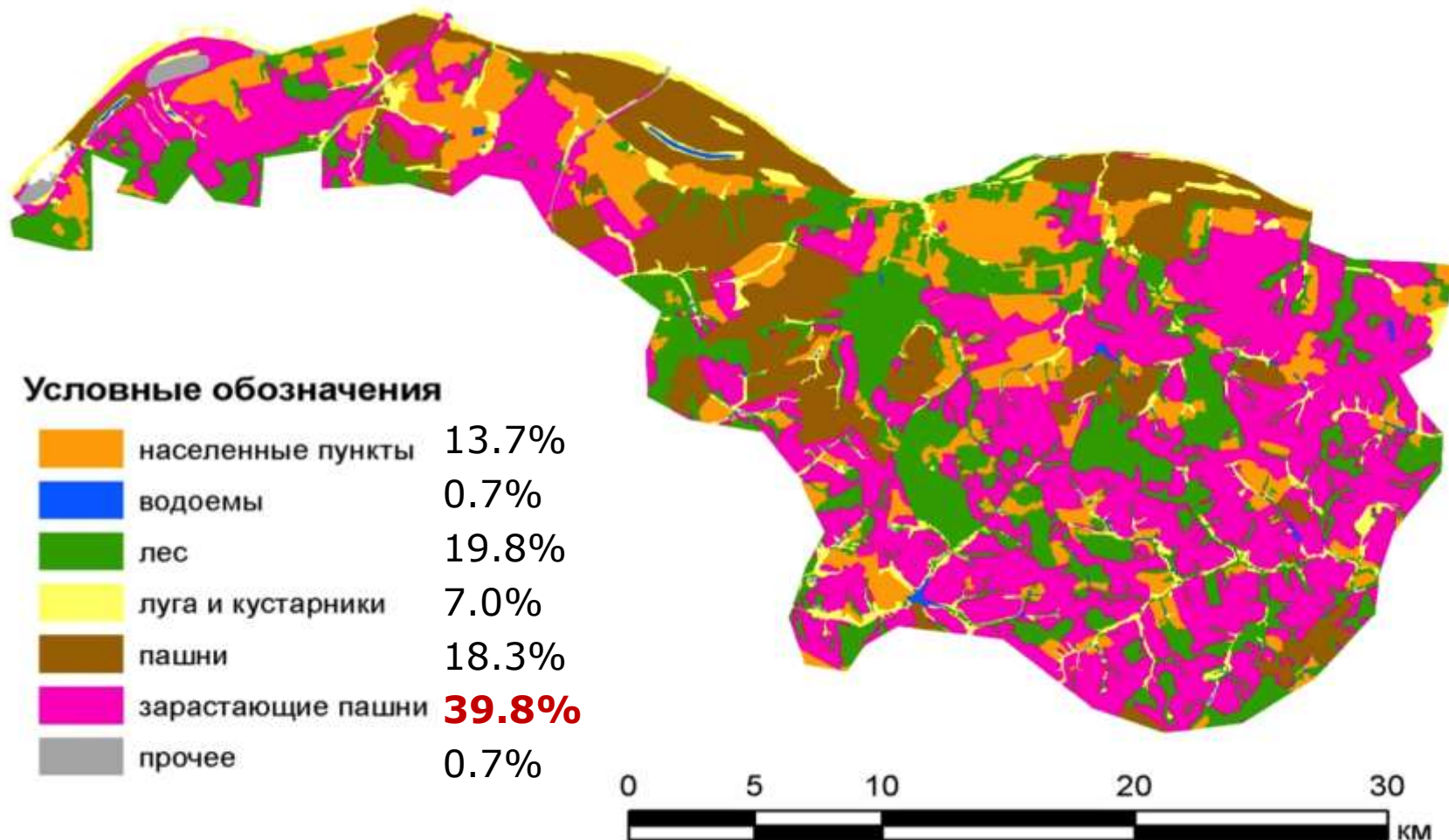
© The Author(s). 2018 **Open Access** This article is distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons license, and indicate if changes were made.

Объект исследования – Заокский участок Серпуховского района Московской области

256.5 км²



Основные категории угодий на территории Заокского участка Серпуховского района Московской области



по анализу снимков высокого разрешения, топографических карт и наземной рекогносцировки

Поля без
деревьев



Зарастающие поля
Заокского участка
Московской области

С подростом
сосны



С единичными
деревьями

С подростом
средней густоты



С густым
подростом
пятнами



Березняки (ивняки) с
высокой сомкнутостью



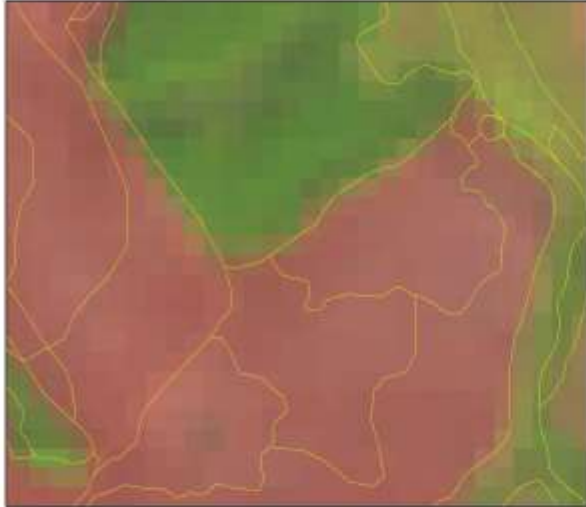
Гипотеза о ведущей роли пожаров в формировании структуры древесной растительности на зарастающих полях

Анализ свободно доступных архивов космических снимков среднего разрешения Landsat

на предмет наличия травяных пожаров на анализируемой территории

Пример динамики зарастания бывших с-х полей по снимкам Landsat разных лет

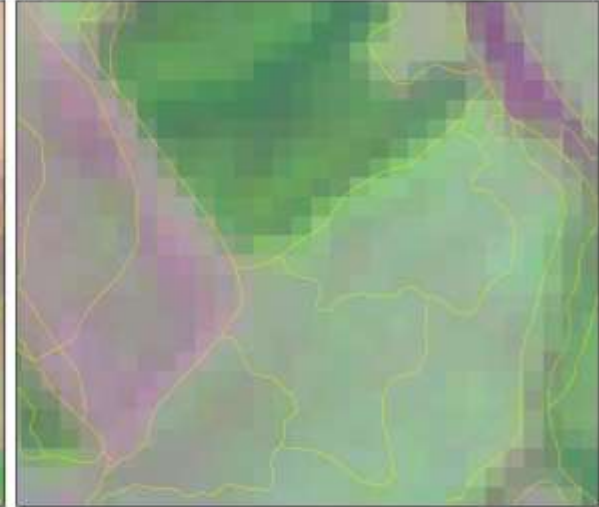
1991



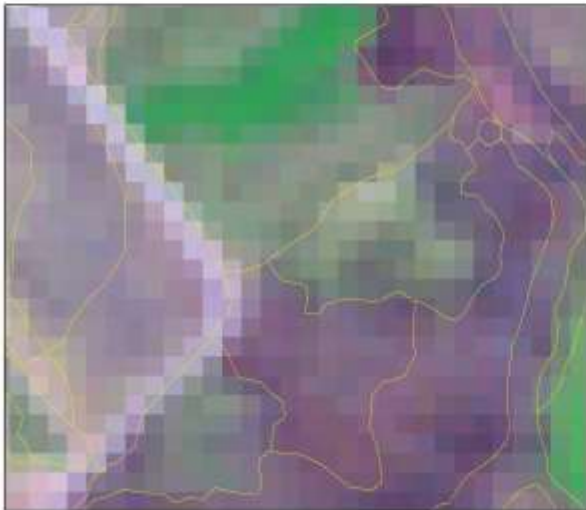
2000



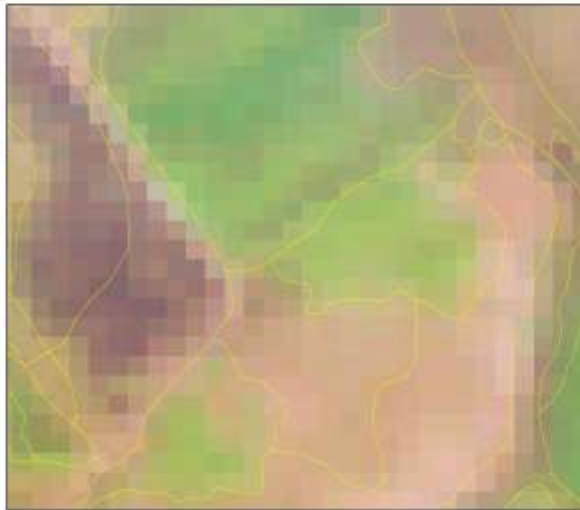
2001



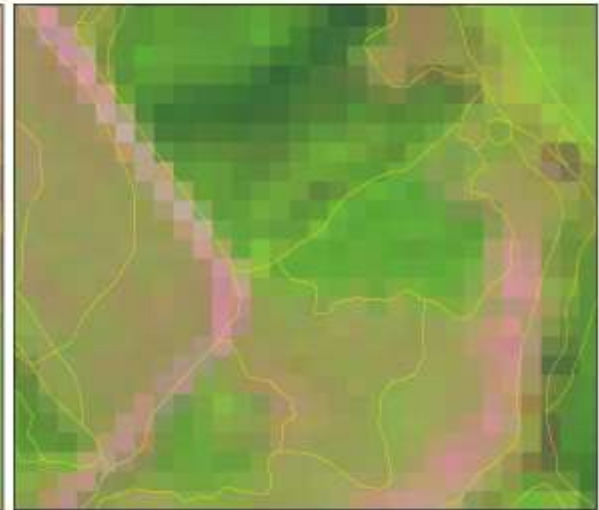
2009



2010



2011

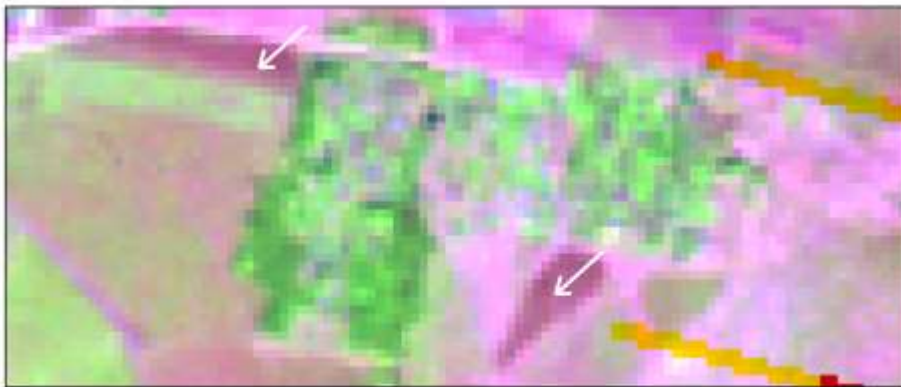


0 75 150 300 Meters

29.03.2014



08.05.2014



16.05.2014



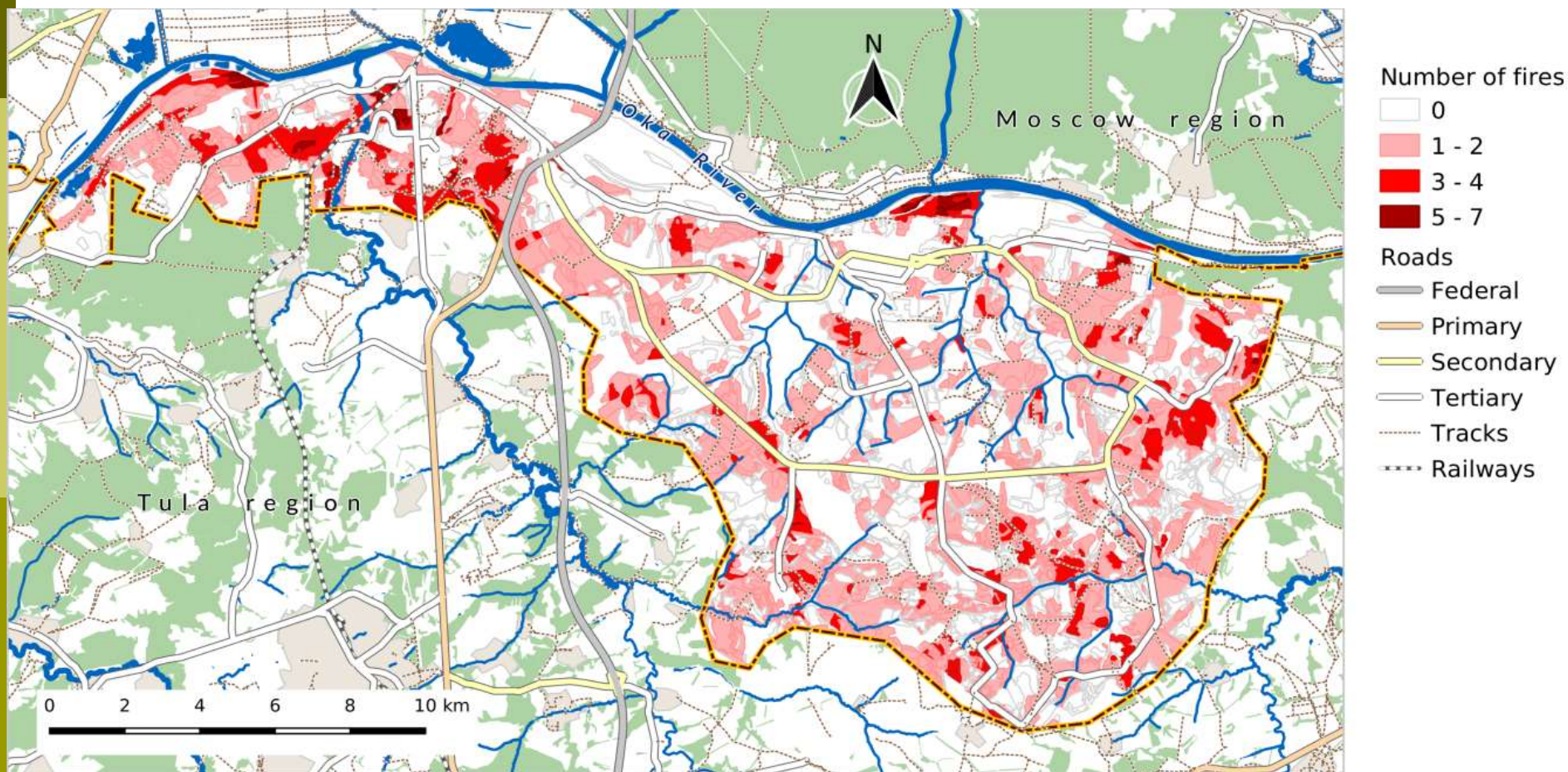
0 250 500 1000



Проблемы
диагностики факта
пожаров по
космическим
снимкам разных
дней одного года

Контурь гарей
оцифровывали вручную
последовательно по
снимкам разных лет с
сохранением топологии,
заданной в слое с
границами угодий
разных типов

Контуры с разной частотой пожаров за 15 исследованных лет в период 1985-2015 гг.



На основе архивов спутниковых данных Landsat была реконструирована «минимальная история» травяных пожаров.

Были идентифицированы пожары, которые точно были, но их могло быть больше.

Проблемы при идентификации пожаров – быстрое зарастание пожарных пятен и облачность дней, во время которых проводилась съемка

Выявлена отрицательная связь частоты пожаров и густоты древесной растительности:

частота пожаров и доля горевших площадей уменьшается от бывших пашен без древесной растительности к бывшим пашням с густым подростом.

Чем меньше интенсивность пожарных воздействий на зарастающих пашнях, тем выше сомкнутость древостоя/подроста пионерных видов деревьев

Травяные пожары уничтожают подрост деревьев и способствуют заселению и поддержанию трав, прежде всего *Calamagrostis epigeios* и лугово-опушечных видов, относимых к бурьяну (*Tanacetum vulgare*, *Artemisia vulgaris*, *Cirsium arvense* и др.).

Дернина и ветошь трав препятствуют инвазии деревьев. Формируется мозаика древесных и луговых (бурьянистых) участков.

При частых пожарах растительность десятилетиями может оставаться на бурьянистой стадии



Травяные пожары уничтожают подрост деревьев и способствуют заселению и поддержанию трав, прежде всего *Calamagrostis epigeios* и лугово-опушечных видов, относимых к бурьяну (*Tanacetum vulgare*, *Artemisia vulgaris*, *Cirsium arvense* и др.).

Дернина и ветошь трав препятствуют инвазии деревьев. Формируется мозаика древесных и луговых (бурьянистых) участков.

При частых пожарах растительность десятилетиями может оставаться на бурьянистой стадии



Цель работы

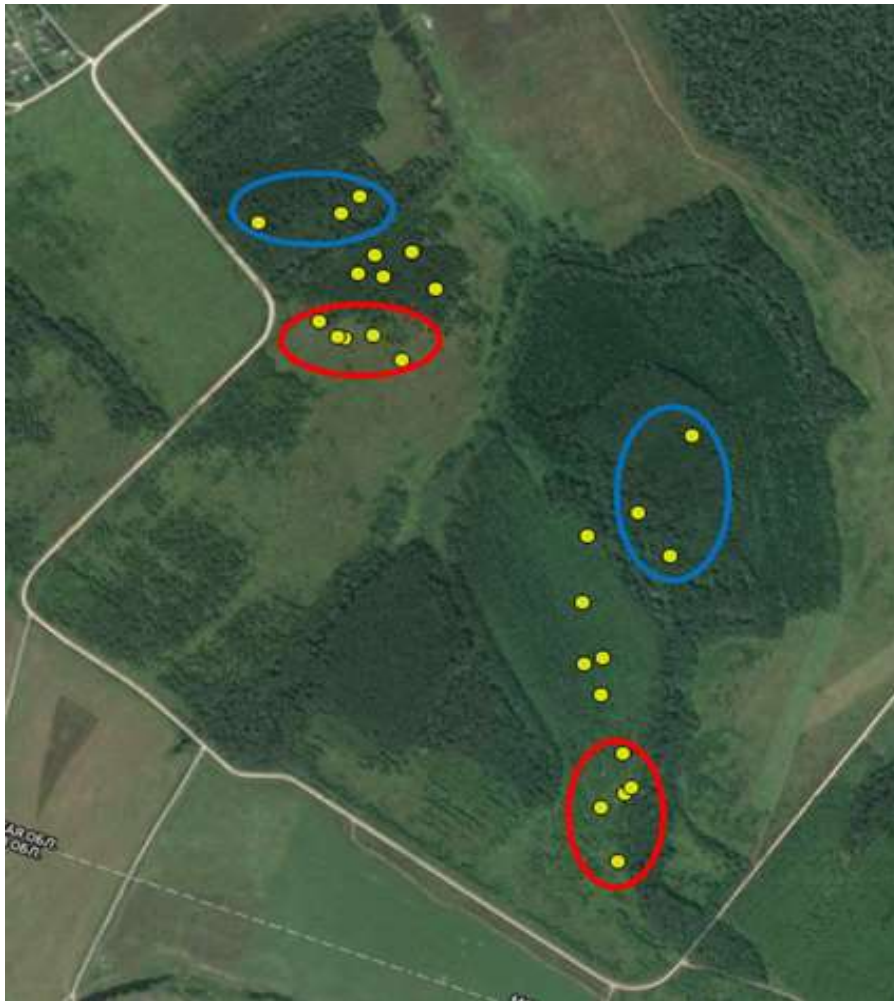
изучить свойства почв и состав растительности на зарастающих пашнях, выведенных из сельскохозяйственного оборота 25–30 лет назад и подвергшихся действию травяных **пожаров разной частоты**



Северная часть подзоны широколиственных лесов
Серые лесные почвы (Haplic Luvisols по WRB, 2006)



Места проведения геоботанических и почвенных исследований на участках Каргашино и Агарино

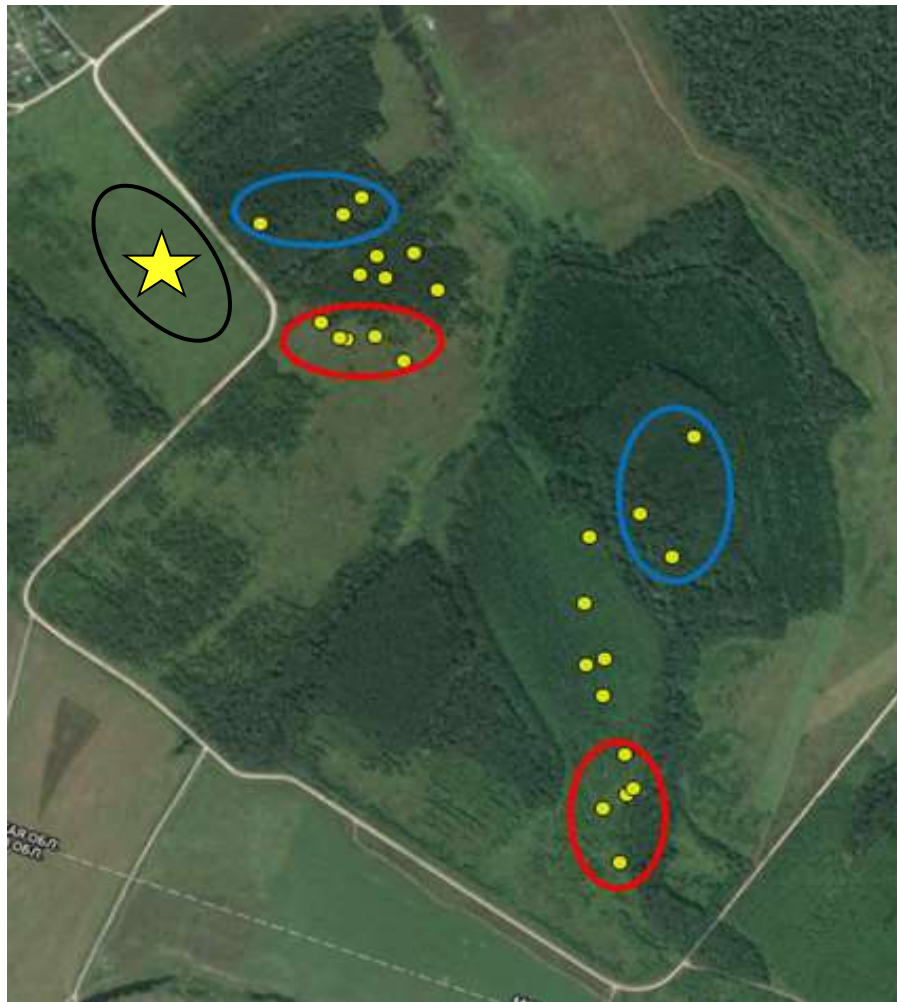


Голубые окружности –
старый лес

Красные – редко горимые
залежи

Точки без кругов –
негорелая залежь (молодой
березовый лес)

Места проведения геоботанических и почвенных исследований на участках Каргашино и Агарино



Голубые окружности –
старый лес

Красные – редко горимые
залежи

Точки без кругов –
негорелая залежь (молодой
березовый лес)

Черная окружность – часто
горимая залежь (последние
палы в год проведения
исследования)

Характеристика растительных сообществ

- (1) «Старый лес» - 75-летний осиново-березовый лес с липой, дубом, кленом, вязом
 - (2) 25-летний березовый или ивово-березовый лес (ива козья) на месте заброшенной пашни без пожара
 - (3) Редко горимая залежь с единичными деревьями (заброшена 25 лет назад)
 - (4) Часто горимая залежь (последний пожар весной в год исследования) без деревьев (заброшена 25 лет назад)
- (3) и (4) – травянистые сообщества с доминированием вейника наземного *Calamagrostis epigeios*;
- (3) иногда с пятнами иван-чая (*Chamaenerion angustifolium*), малины (*Rubus idaeus*), ежи сборной (*Dactylis glomerata*), крапивы (*Urtica dioica*)

Методика исследования

На трех участках в 4х биотопах были выполнены сопряженные почвенные и геоботанические обследования

30 геоботанических описаний (по 3 на биотоп / участка)

30 почвенных проб в 10-см слое (по 3 на биотоп / уч.)

Анализ химико-физических свойств почвы (ЦКП ИФХБПП)
содержания C, N, Сорг., рН водн., рН KCl,
содержание обменных оснований (Ca, Mg, K, Na),
содержание K₂O₅ и P₂O₅,
гранулометрический состав

Микробиологические характеристики:

углерод микробной биомассы C_{mic}, микробное дыхание
МД и микробный метаболический коэффициент qCO₂

Микробиологический анализ

- ✓ Углерод микробной биомассы ($C_{\text{мик}}$, метод субстрат-индуцированного дыхания, продукция CO_2 , газовая хроматография)
- ✓ Микробное дыхание (МД, продукция CO_2 , газовая хроматография):
- ✓ Микробный метаболический коэффициент $q\text{CO}_2$ ($\text{МД} / C_{\text{мик}}$)

Образцы почвы были прединкубированы (7 сут. 22°C , 55% полной влагоемкости)



Оценка вкладов участков и биотопов в вариацию физико-химических и микробиологических характеристик почв

однофакторный дисперсионный анализ ANOVA и v-test (Husson et al., 2017)

Оценка вариации растительности и влияния почвенных характеристик на участие видов напочвенного покрова

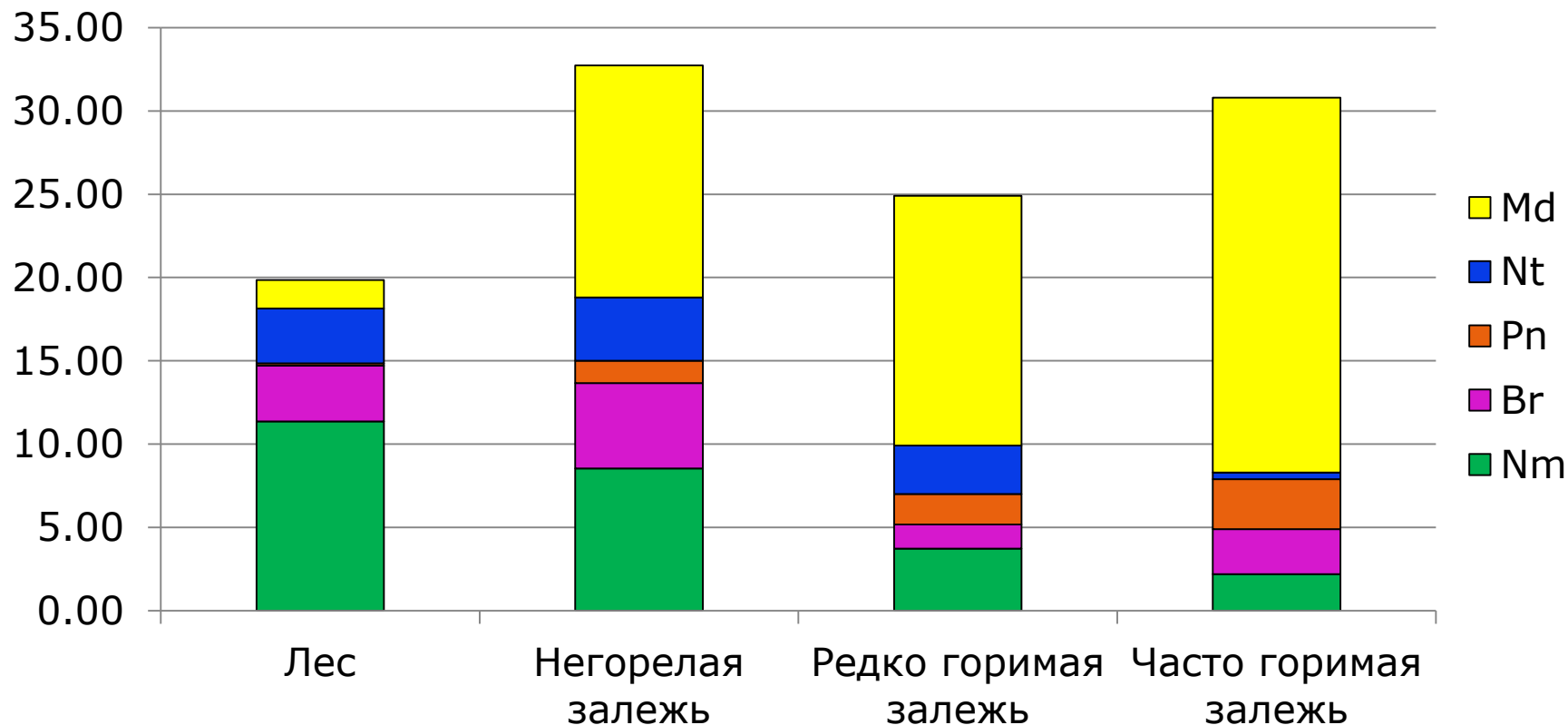
Непрямая ординация (NMDS)

Каноническая (прямая) ординация геоб. описаний посредством анализа избыточности (dbRDA, distance-based redundancy analysis) (Legendre, Anderson, 1999) с использованием расстояния Брея-Кертиса

В среде статистического программирования R (R Core Team, 2019)



Среднее число видов сосудистых растений в биотопах. Эколого-ценотическая структура



Общее число видов

220

73

137

97

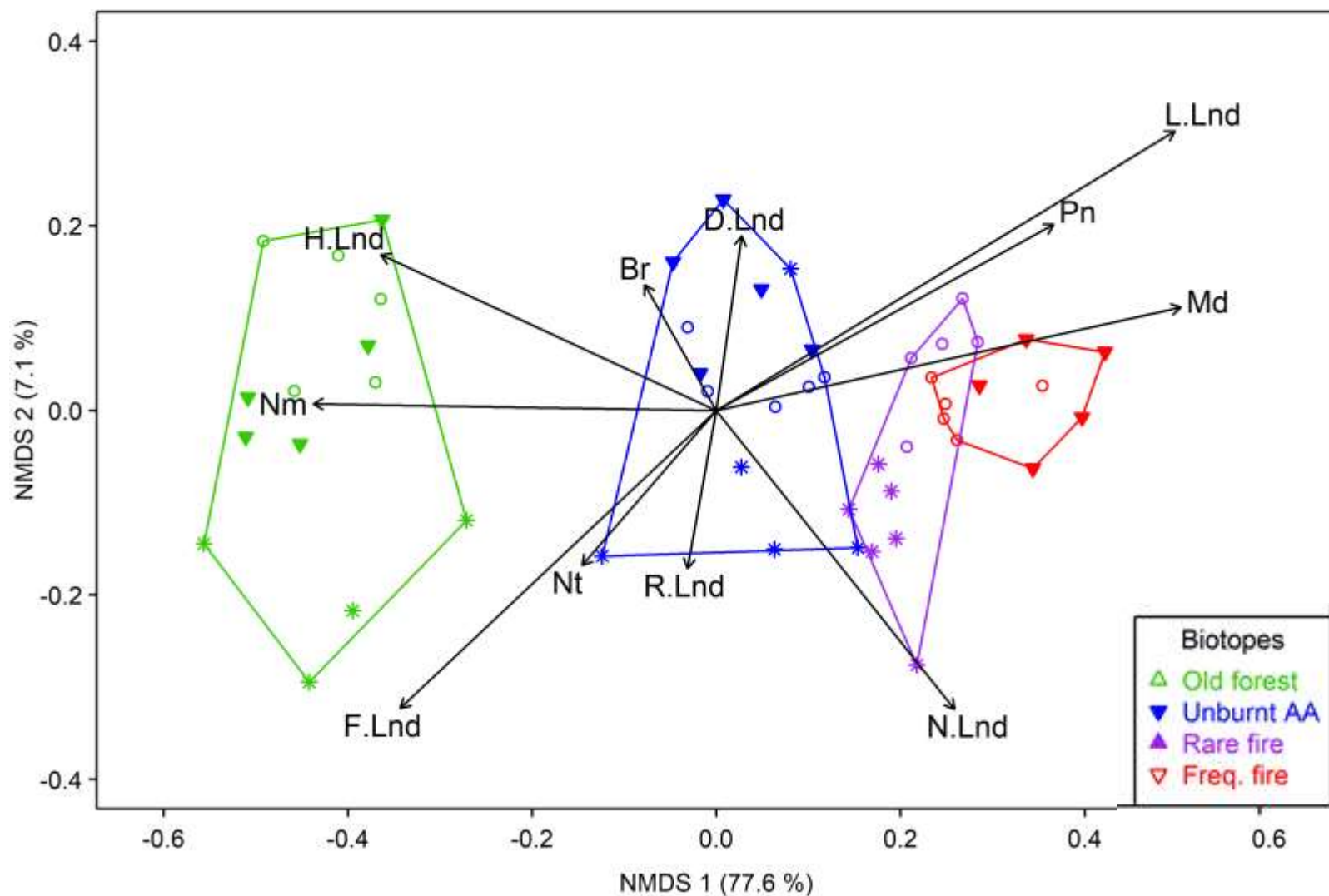
107

Результаты ANOVA и v-test анализа физико-химических и микробиологических характеристик почв участков

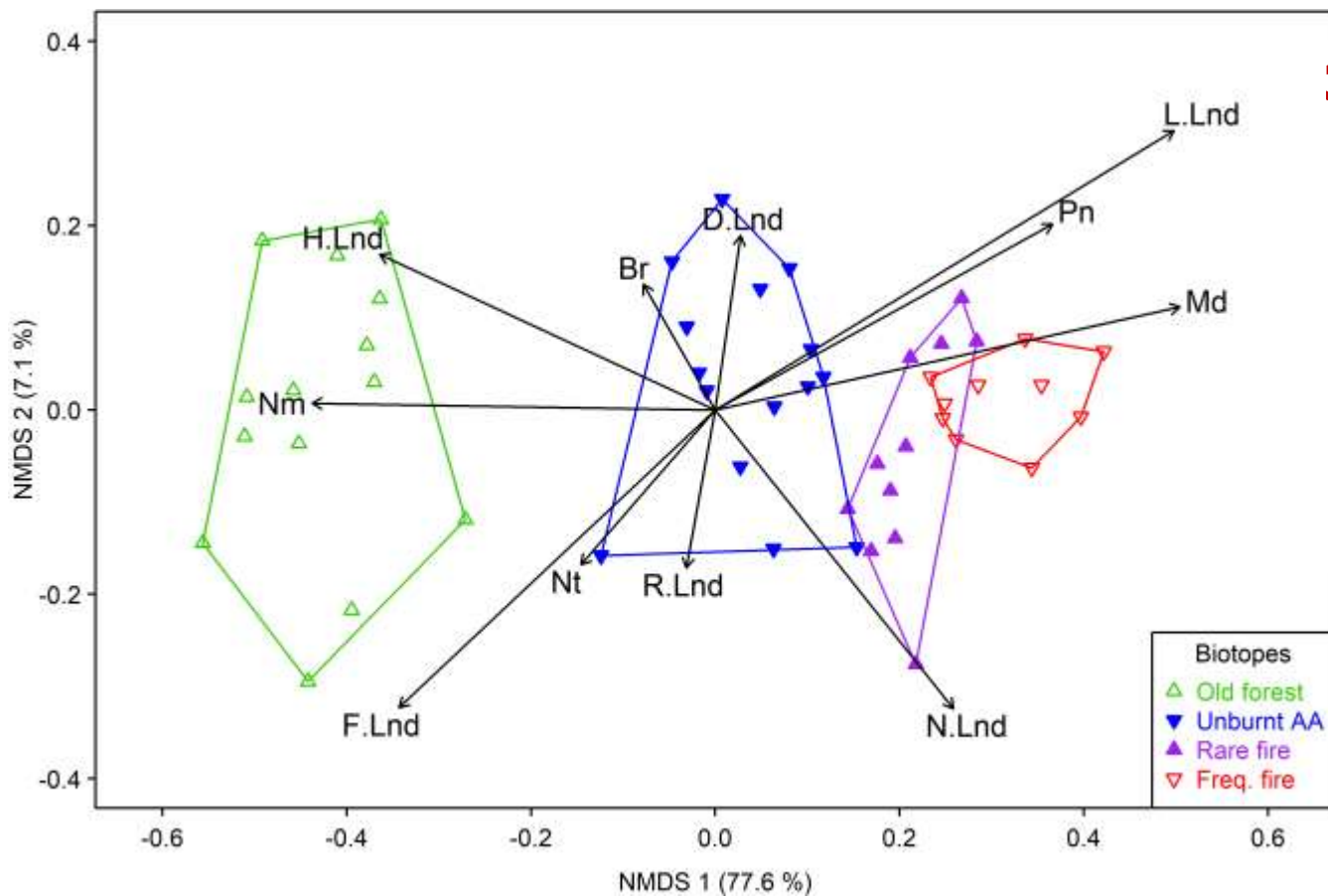
Участки различались по С, N, Н

	Mean	Mean	Mean	V-test	V-test	η^2	<i>p</i> .adj
	Кар.	Агар.	Прис.	Агар.	Прис.		
С	2.99	3.95	2.25	3.07	-2.76	0.43	0.046
N	0.23	0.31	0.18	3.29	-2.89	0.48	0.025
Н	0.69	0.81	0.59	3.02	-2.77	0.42	0.025

Результаты NMDS-анализа площадок г/б описаний



Результаты NMDS-анализа площадок г/б описаний



ЭЦГ видов растений

Nm неморальные
Br бореальные
Nt нитрофильные
Pn боровые
Md лугово-опушечные

Шкалы Ландольта:

F.Lnd – увлажнение почвы

R.Lnd – кислотность (pH)

N.Lnd – богатство почвы

L.Lnd - освещенность

D.Lnd – аэрация почвы

H.Lnd – гумусированность

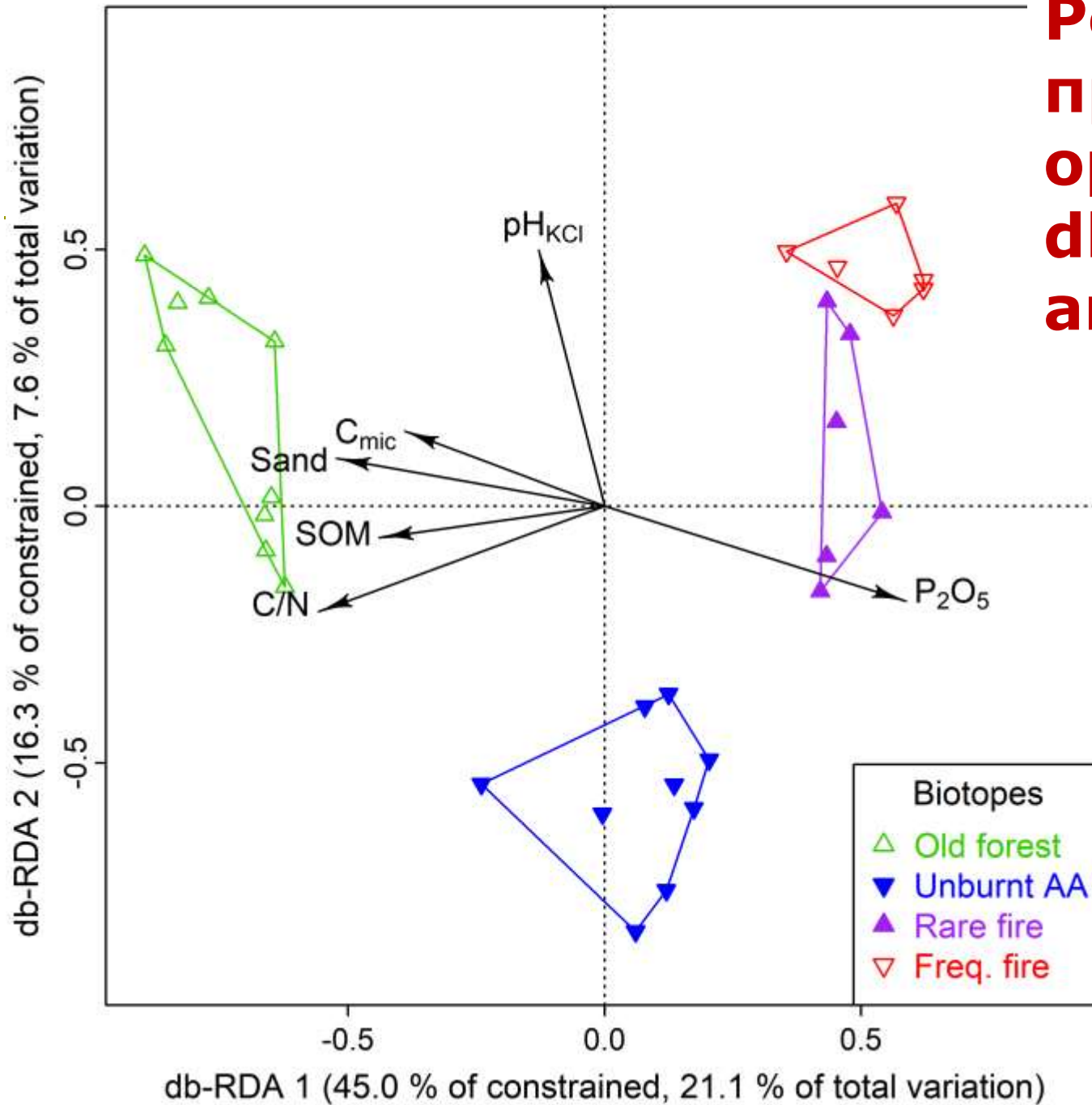
Корреляции с осями непрямой ординации

	NMDS1	NMDS2	r2	Pr(>r)	
D аэрации почв	0.12071	0.99269	0.1651	0.026	*
F увлажнения	-0.71153	-0.70265	0.6398	0.001	***
H гумусированности	-0.99347	0.11413	0.4285	0.001	***
L освещенности	0.84172	0.53992	0.9412	0.001	***
N богатства почв	0.70606	-0.70815	0.447	0.001	***
R кислотности	-0.26199	-0.96507	0.0609	0.238	
W переменности увлажнения	0.9051	-0.4252	0.2607	0.001	***
	NMDS1	NMDS2	r2	Pr(>r)	
Nm неморальная	-0.99997	0.00795	0.564	0.001	***
Br бореальная	-0.45222	0.89191	0.0769	0.173	
Pn боровая	0.92891	0.37031	0.5467	0.001	***
Nt нитрофильная	-0.72831	-0.68525	0.1337	0.045	*
Md лугово-опушеч.	0.98617	0.16574	0.8738	0.001	***

Результаты ANOVA и v-test анализа физико-химических и микробиологических характеристик почв биотопов

	η^2	Лес			Негорелый			Редко горимый			Часто горимый		
		Mean	v-test	p	Mean	v-test	p	Mean	v-test	p	Mean	v-test	p
C/N	0,74	13,4	3,6	0,00	12,8	0,9	0,39	12,1	-1,6	0,10	11,6	-3,5	0,00
pH	0,66	5,4	2,2	0,03	4,9	-3,9	0,00	5,2	-0,6	0,54	5,5	2,5	0,01
P2O5	0,58	6,4	-3,5	0,00	17,4	-0,4	0,68	28,0	1,9	0,05	30,8	2,5	0,01
C	0,56	4,1	3,7	0,00	2,5	-2,0	0,05	3,1	0,1	0,89	2,2	-2,2	0,03
N	0,50	0,3	3,4	0,00	0,2	-2,3	0,02	0,3	0,6	0,55	0,2	-1,8	0,07
SOM	0,47	3,6	3,6	0,00	2,4	-1,2	0,24	2,4	-0,7	0,46	2,0	-2,0	0,04
K+	0,34	0,8	-1,3	0,19	0,8	-1,1	0,29	1,1	3,1	0,00	0,8	-0,4	0,71
Ca++	0,28	36,5	2,3	0,02	28,4	-2,5	0,01	33,5	0,4	0,71	32,4	-0,1	0,91
МБ	0,50	943,9	3,6	0,00	679,9	-2,3	0,02	775,1	-0,2	0,88	708,5	-1,3	0,19
БД	0,49	2,1	3,6	0,00	1,5	-1,0	0,30	1,6	-0,6	0,58	1,3	-2,3	0,02
Ил	0,44	11,6	-3,6	0,00	16,4	1,1	0,29	17,2	1,4	0,18	17,4	1,5	0,13
Песок	0,50	64,6	3,4	0,00	59,9	-0,2	0,81	55,8	-2,6	0,01	58,4	-1,1	0,29

Результаты прямой ординации db-RDA анализ



Заключение

- Несмотря на разницу в выбранных участках, **биотопы**, сформированные после 25–30 лет забрасывания пашен без травяных пожаров и с пожарами разной частоты воздействия, достаточно **хорошо различаются** между собой по растительности и почвенным характеристикам
- **Частые пожары** приводят к значимому уменьшению содержания С в почве, уменьшению микробного дыхания, увеличению содержания фосфора и повышению рН.
- **Менее частые пожары** не дают восстановиться лесной растительности, биотопы имеют промежуточные параметры по основным почвенным характеристикам, при этом отличаются повышенным содержанием калия

Заключение

Результаты, полученные по залежам без пожаров (молодым лесам) и лесным сообществам на старой лесной территории, подтвердили и дополнили результаты, полученные ранее (Khanina et al., 2018):

- в **"старом лесу"** наблюдаются статистически значимые наиболее высокие показатели почвенного богатства (С, Сорг, N, Ca²⁺) и почвенной микробной активности (МБ, МД);
- в **молодом лесу (негорелая залежь)** отмечены наименьшие показатели почвенного богатства (С, N, Ca²⁺), содержания углерода микробной биомассы (МБ) и высокие значения кислотности почв

Заключение

- Значимое снижение значений многих почвенных переменных в молодом лесу объясняется процессом активного роста древостоя, когда молодые деревья эффективно забирают элементы из почвы, тратят их на рост/биомассу и мало возвращают с опадом (Гульбе, 2009; Лебедев, 2013)
- Содержание С, N и P, кислотность почвы, процент крупных и мелких частиц (песчаных и илистых) являются характеристиками, в бóльшей мере зависимиыми от типов биотопов, выделяемых на зарастающих пашнях с учетом частоты пожарных воздействий, и определяющими, в свою очередь, состав видов напочвенного покрова



Благодарим М.М. Шовкуна за сбор
геоботанических описаний

Спасибо за внимание!