



ИНСТИТУТ ГЕОЭКОЛОГИИ
ИМ. Е. М. СЕРГЕЕВА РАН (ИГЭ РАН)

Осушенные торфяники Северо-Западного федерального округа: современное состояние, пожароопасность, ближайшие перспективы

Итоговая презентация грантового проекта РГО

Договор № 03/2023-И от 31.05.2023

ЦЕЛЬ ПРОЕКТА - разработка методики оценки степени пожароопасности выработанных торфяников на основе комплекса дистанционных и полевых методов, и апробация разработанной методики на выбранных эталонных торфяниках, а также определения торфяников, наиболее подверженных пожарам.

ЗАДАЧИ:

1. Разработка методики детального картографирования торфяников с точки зрения пожароопасности на основе данных дистанционного зондирования, БПЛА, и полевых данных на эталонных участках с проведением экспедиционного исследования.
2. Разработка методики экспресс-картографирования торфяников на основе оперативной и архивной космической съемки для целей оценки пожароопасности на торфяниках, наиболее подверженных пожарам;
3. Исторический анализ торфяников СЗФО за 20 лет (на основе данных космической съемки и анализа «термоточек» (тепловых аномалий автоматически выявляемых по космическим снимкам)), с целью выделения объектов, наиболее подверженных пожарам;
4. Выявление индикационных закономерностей состояния растительного покрова и пожароопасности. Оценка вероятности развития пожаров на нарушенных торфяниках СЗФО в зависимости от типа, состояния и регионального положения торфяника.

АКТУАЛЬНОСТЬ:

В настоящее время осушенные и выработанные торфяники занимают большие площади в различных субъектах Российской Федерации и представляют собой пожароопасные территории и участки эмиссии парниковых газов. Их особый статус и опасность подчеркивается в рамках "Оценочного доклада об изменениях климата и их последствиях на территории РФ" (с. 34) Оценка пожароопасного состояния торфяников особенно актуальна для СЗФО, в большей степени для Ленинградской и Псковской областей.

Это в основном заброшенные труднопроходимые объекты, находящиеся на значительном удалении друг от друга. Но при этом эти объекты являются источником определенных опасностей

НАУЧНАЯ НОВИЗНА проекта состоит в определении степени пожароопасности нарушенных торфяников, в том числе количественно, что является актуальным с точки зрения ряда факторов: реализации климатических проектов, оценки текущего состояния нарушенных торфяников, планировании снижения пожароопасности методами обводнения.

Типы выработанных торфяников



Фрезерный способ



Фрезерный способ



Фрезерный способ



Гидроторф



Машиноформовочный
способ

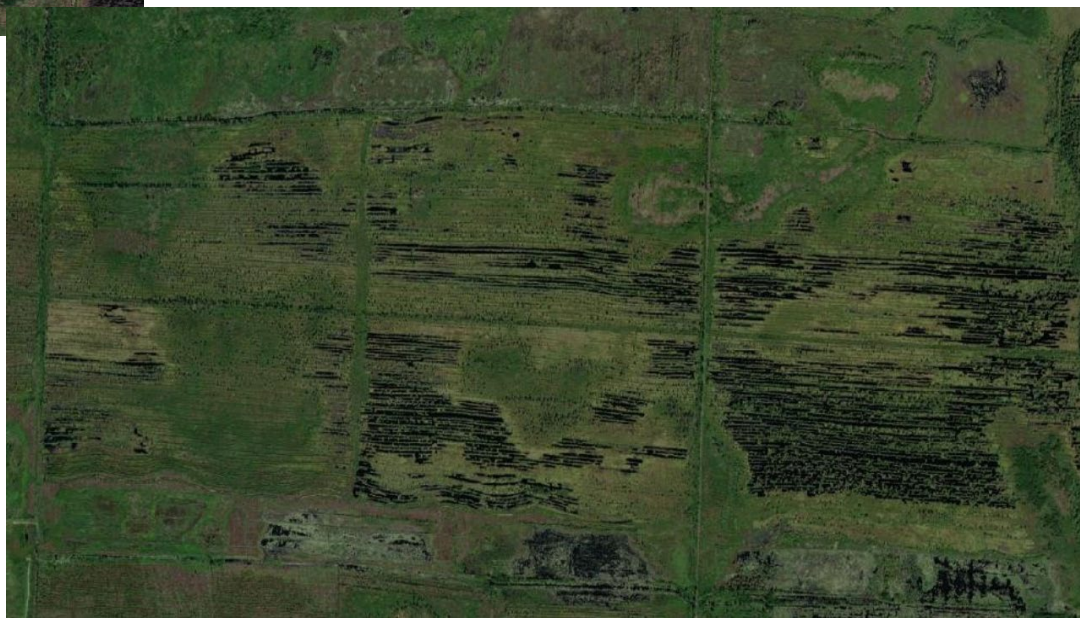


Машиноформовочный
способ

Вид из космоса заброшенного
торфяника, разрабатываемого
фрезерным способом



Вид из космоса заброшенного
торфяника, разрабатываемого
машиноформовочным
способом



Пример заброшенного участка (съемка БПЛА)



Торф заросший
древесно-
кустарниковой
растительностью

Открытый торф

Затопленная часть

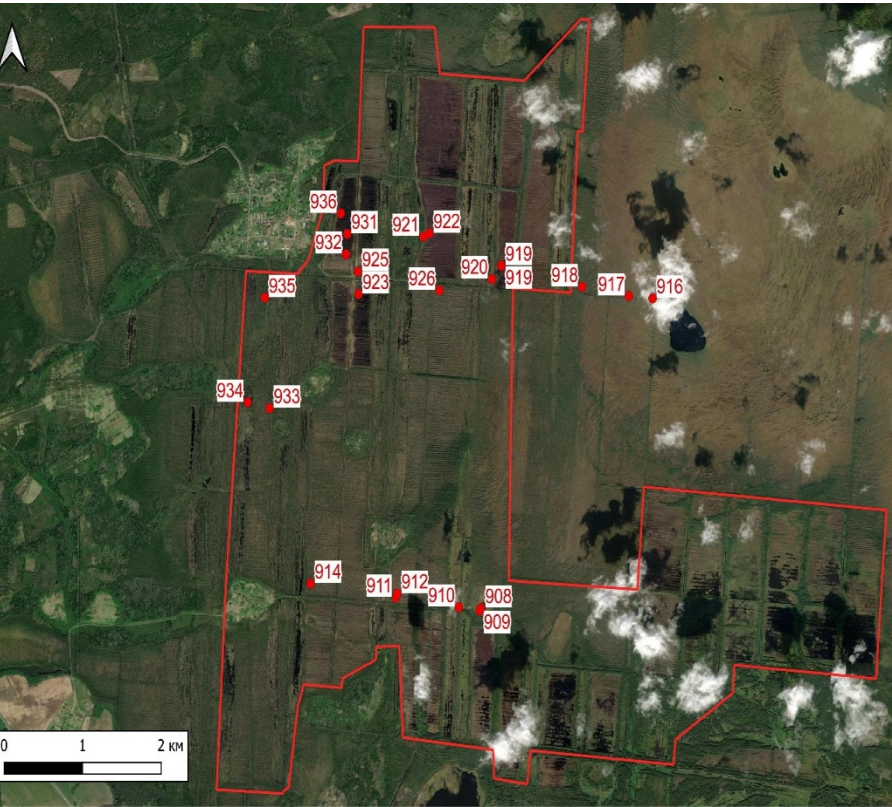
Торф покрытый
моховой растительностью

- Пожары
- Естественное обводнение
- Заращение
- Восстановление естественных болот

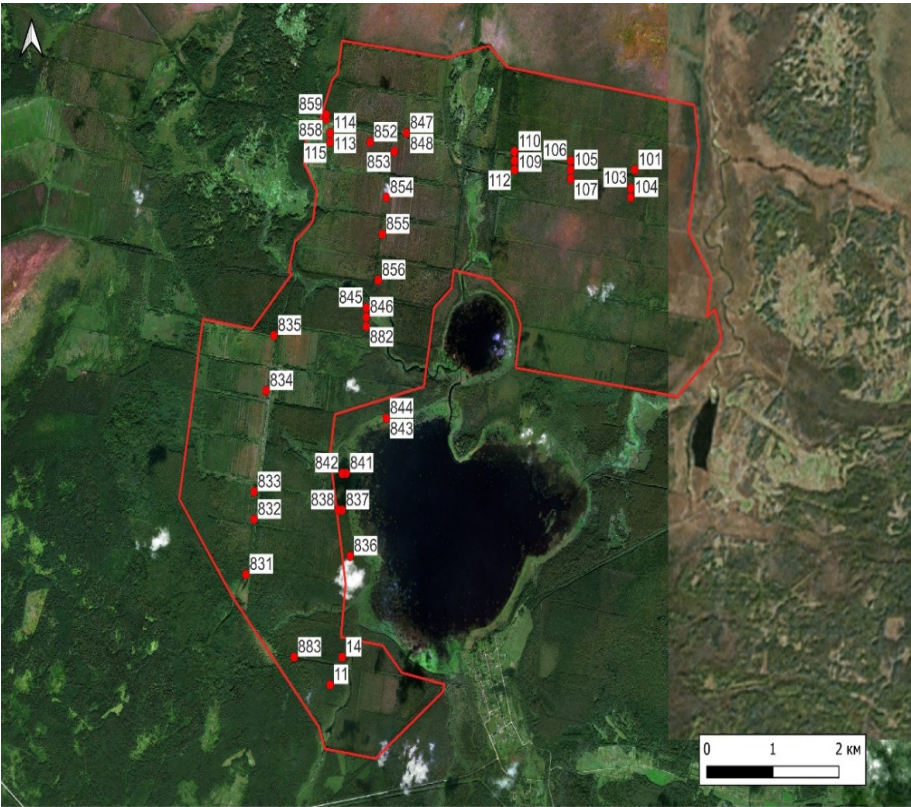
Автор фото: К. Шахматов
Торфяник Дедово поле (Вологодская область)

Планирование и проведение экспедиционных исследований

Экспедиция 1. Вологодская область, торфяник Дедово поле (Вологодская область)



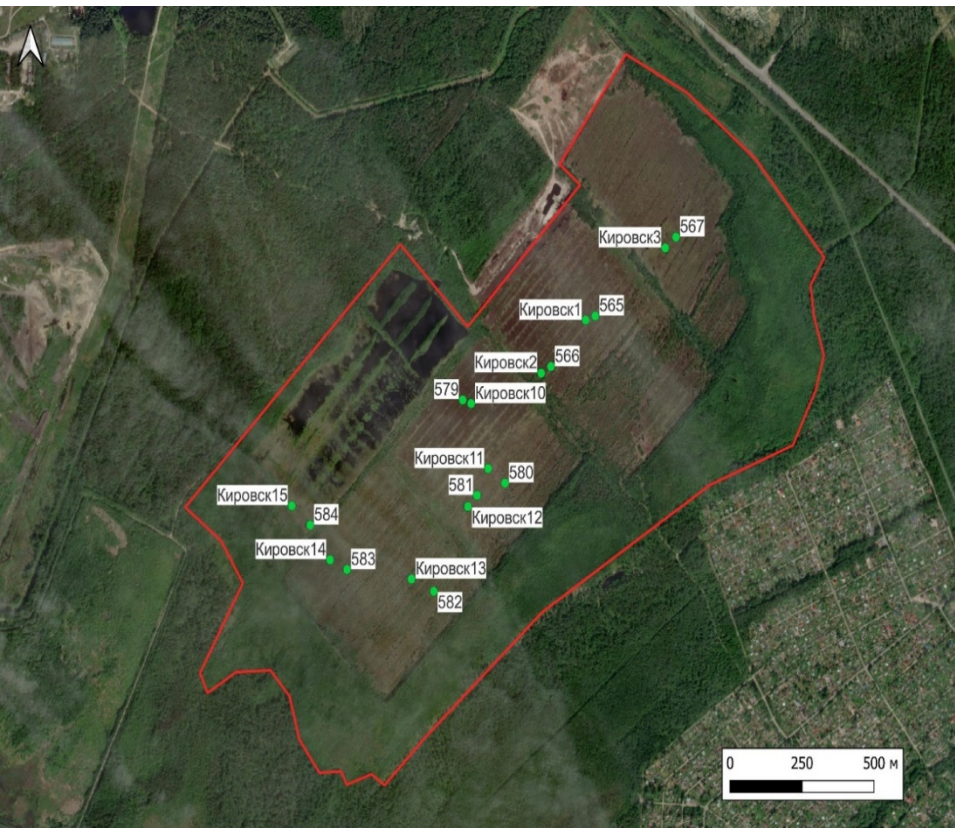
Экспедиция 2. Псковская область, торфяник Заячий Отрог



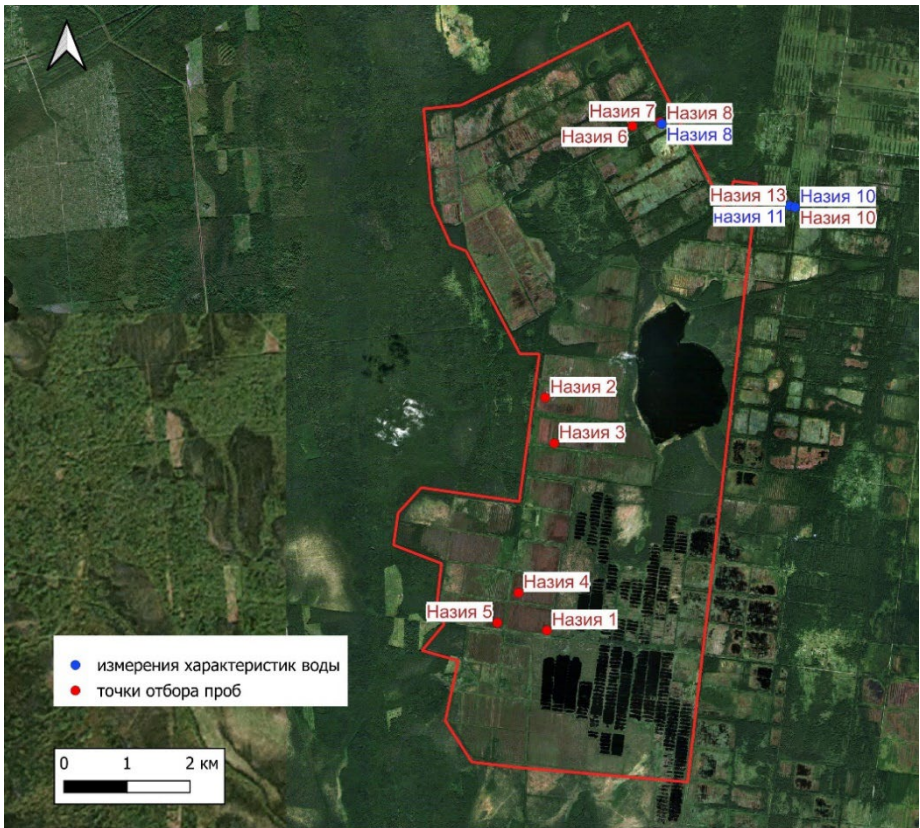
Ключевой участок	Всего точек наблюдений	Количество точек геоботанических описаний	Количество точек измерений мощности торфа	Количество точек отобранных проб торфа	Количество точек измерений воды
Дедово поле	54	54	22	12	21
Заячий отрог	74	19	74	11	-
Всего	168	113	112	33	26

Экспедиция 3. Ленинградская область

Малодубровское



Гладкий мох (Назия)



Ключевой участок	Всего наблюдений	точек	Количество геоботанических описаний	точек	Количество измерений торфа	точек	Количество отобранных проб торфа	точек	Количество измерений воды
Малодубровское	15		15		5		5		2
Гладкий мох	25		25		11		5		3
Всего	168		113		112		33		26

Магистральный канал



Автор фото: Т. Орлов
Торфяник Заячий отрог (Псковская область)

Отбор торфяных образцов



Автор фото: М. Архипова
Торфяник Малодубровское (Ленинградская область)

Отбор проб воды



Автор фото: В. Бондарь
Торфяник Малодубровское (Ленинградская область)

Обводненный торфяник



Автор фото: В. Бондарь
Торфяник Замощье (Ленинградская область)



Автор серии фото: Т. Орлов
Торфяник Гладкий мох (Назия) (Ленинградская область)

Методика детального
индикационного
картографирования торфяников с
помощью космической съемки с
опорой на съемку с БПЛА и
эталонные описания для оценки
пожароопасности



Березово- моховой этап зарастания торфа, торф – 1,3 м, УБВ «– 50 см-100 см»

Группа
121 - торфяная
пустошь в
комплексе с
березовым
подростом по
осушительным
канavam,
отдельными
травяными и
моховыми кочками,
занимающими не
менее 40%



Автор фото: Т. Орлов
Торфяник Заячий отрог (Псковская область)



Сфагновая сплавина, торф+вода – 1м, УБВ +/-5 см

Автор фото: Т. Орлов
Торфяник Заячий отрог (Псковская область)



Группа 512 - Сфагново-пушицевые
сообщества



Молодой березовый
лес, торф – 1,2 м, УБВ
«-30-50 см»

Группа
332 - березовые
леса вейниковые



Автор фото: Т. Орлов
Торфяник Заячий отрог (Псковская
область)



Высокодетальные данные



Съемка БПЛА,
0,1 м/пикс



Высокодетальная космическая съемка,
0,5 м/пикс

Сегментация



Высокодетальный космический снимок
(0,5 м/пикс, 3 канала, 8 бит)
или снимок с дрона (0,1 м/пикс, 3 канала, 8 бит)

Использование термоточек



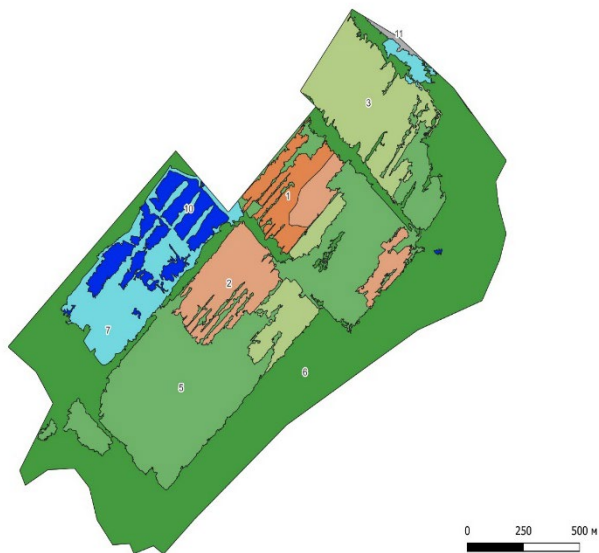
Распространение пожара
на участке Заячий Отрог, 30.08.2001



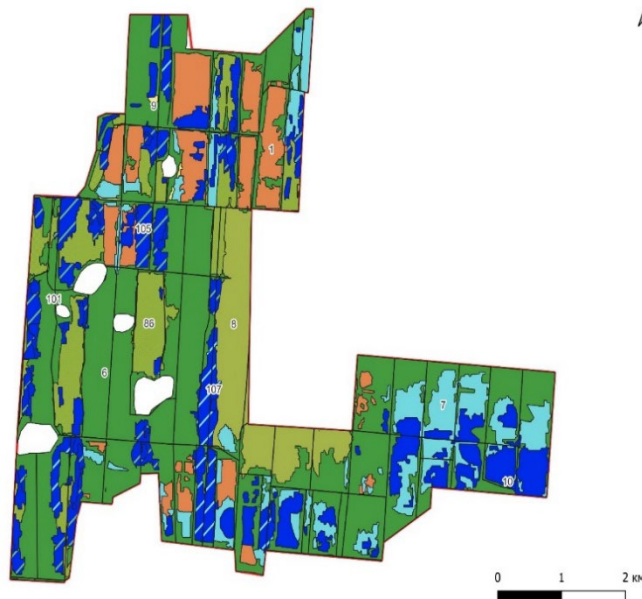
Частота в годах (кол-во лет за 30 лет наблюдений)

Результаты детального картографирования

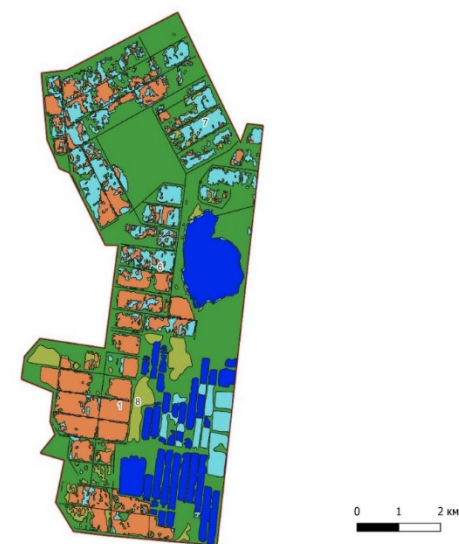
Малодубровское



Дедово поле



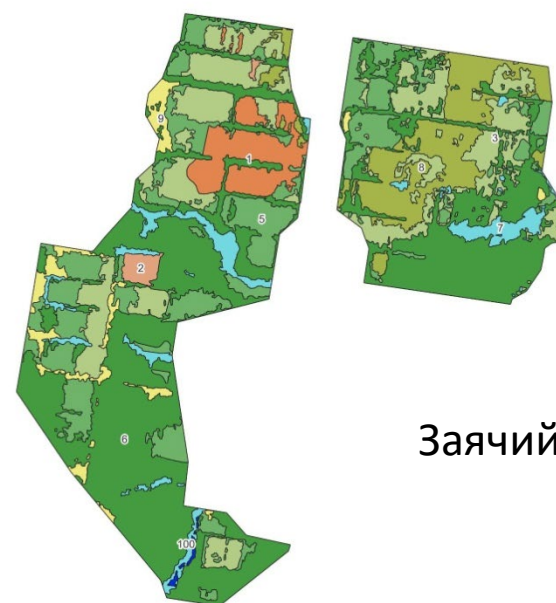
Гладкий мох (Назия)



Природно-территориальные комплексы

- Участки открытого торфа с отдельными кочками пушицы влагалищной, пятнами политрихума (1)
- Пушицево-политриховые участки (2)
- Кустарничково-политриховые участки с пушицей влагалищной (3)
- Березово/сосново-пушицево-политриховые участки с кустарничками (преимущественно вереском) (5)
- Лесные сообщества с преобладанием березы и/или сосны злаковые или зеленомошные (6)
- Тростниковые, осоковые, очеретниковые участки, часто обоводненные (7)
- Березовые/сосновые кустарничковые сфагновые участки или со значительным участием сфагнума (8)
- Луговые сообщества (9)
- Вода (10)

4 эталонных торфяника

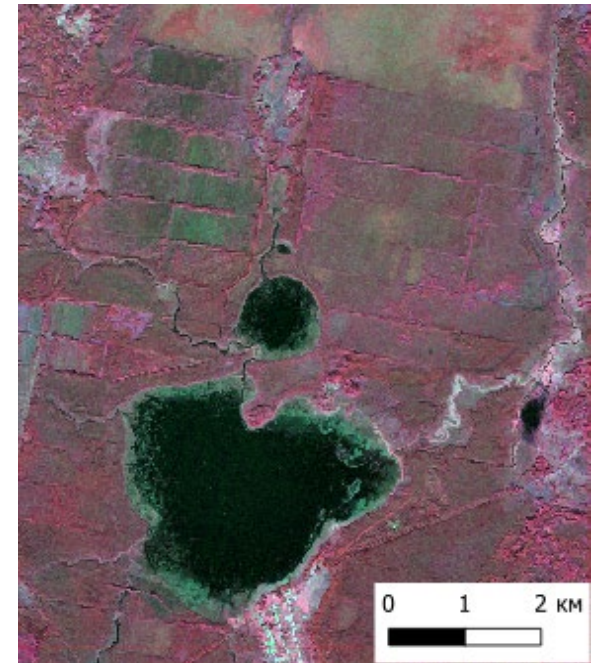


Заячий отрог

Разработка методики обзорного экспресс картографирования торфяников

Требования к разрабатываемому подходу были следующие:

1. Автоматизированное решение, позволяющее для любого торфяника в пределах Российской Федерации, получить карту фаций нажатием одной кнопки.
2. Выделение достаточного широкого набора классов, которые определяют основные процессы, идущие на торфянике. В первую очередь эмиссию парниковых газов, и пожары.



Разносезонный набор снимков Sentinel-2 (разрешение 10 м/пикс)

Классы:

- 1 торфяные пустоши
- 2 пушицево-политриховые сообщества с отдельными деревьями и участками голого торфа
- 4 молодые леса (береза, сосна) пушицево-политриховые, редкотравные, вейниковые с участками голого торфа
- 5 мелколиственные леса
- 7 хвойные леса
- 8 тростниковые сообщества
- 9 осоковые сообщества
- 10 сфагновые сообщества с осокой и кустарничками
- 11 сосново-кустарничково-сфагновые сообщества
- 12 ивовые и березово-ивовые сообщества
- 13 разнотравно-злаковые луговые сообщества
- 14 участки открытой воды и сильно обводненные участки

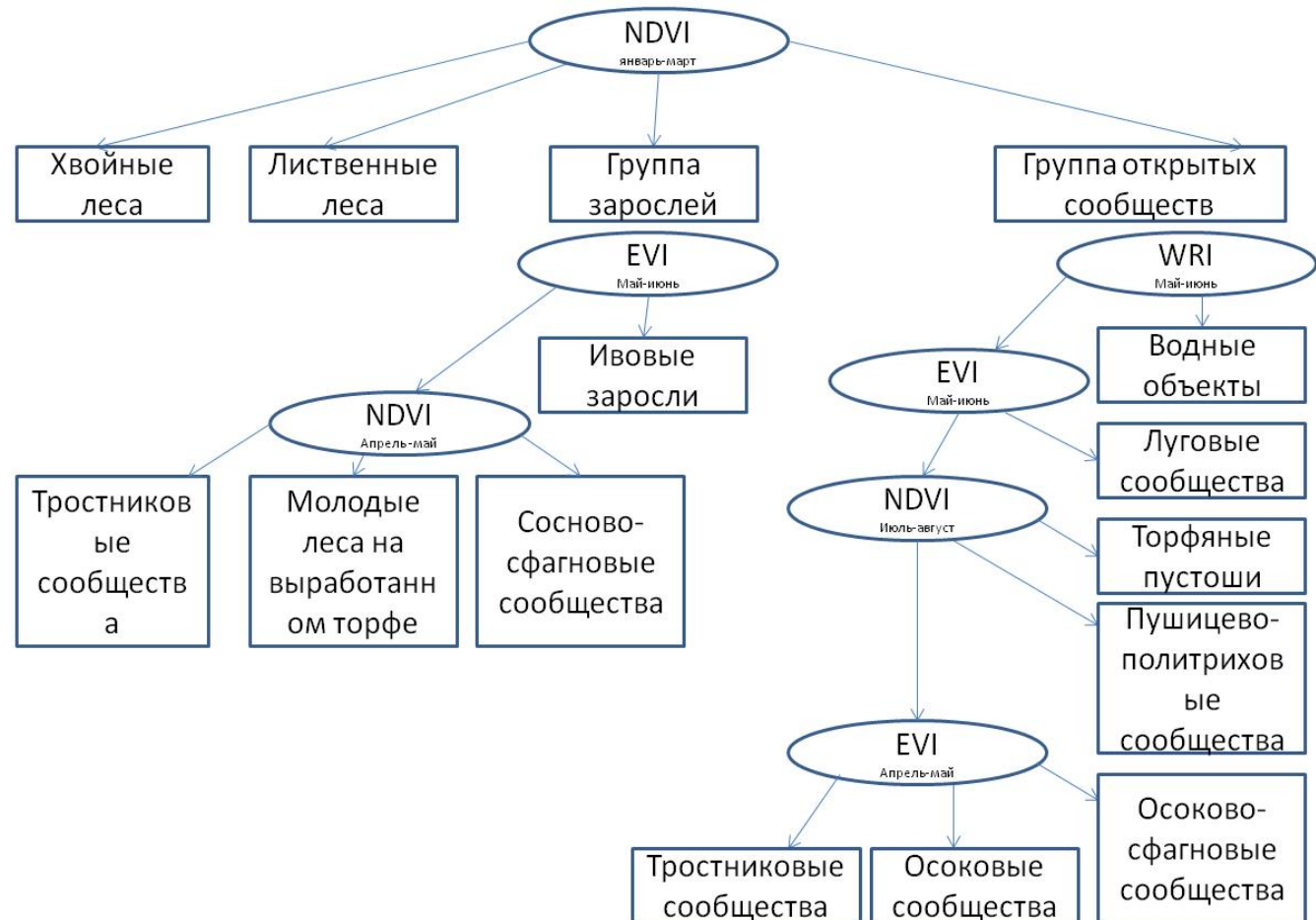
Принципиальная схема экспресс классификации

Используемые периоды:

- зима (январь-середина марта),
- весна (середина апреля-середина мая),
- поздняя весна (середина мая-середина июня),
- лето (середина июня-август).

Используемые индексы:

- максимальное значение NDVI,
- медианное значение EVI.
- Индекс WRI был рассчитан для периода май-июнь.

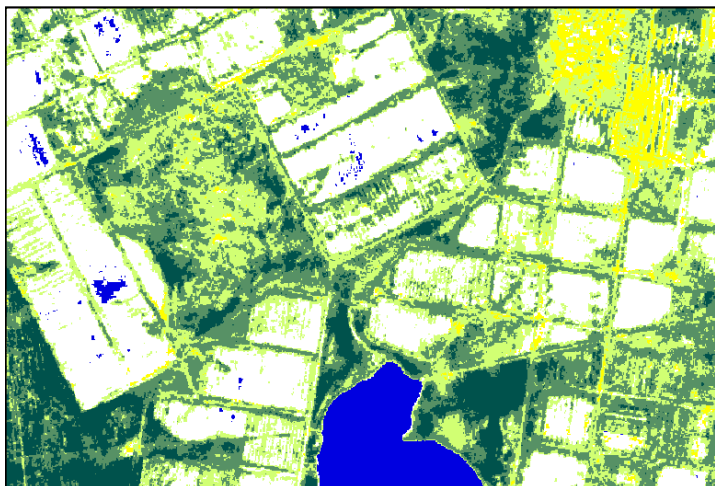
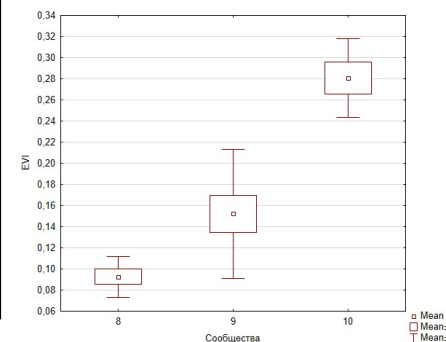
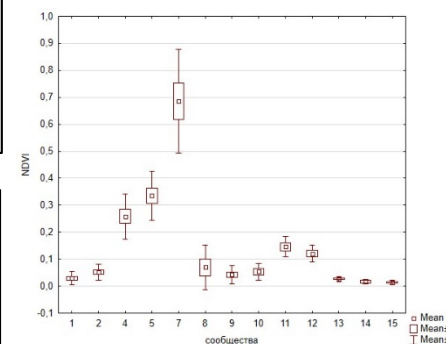


Этап 1 – разделение на 4 группы на основе NDVI февраль-март:

хвойных лесов (7),
лиственных лесов (5),
зарослей (4, 12, 11, 8 (высокие тростники >2 метров) ,
открытых сообществ (1, 2, 8, 9, 10, 13, 14).

Этап 2 - разделение открытых сообществ: май-июнь

-выделение водных и обводненных участков
(14) на основе WRI,
- выделение луговых сообществ (13) на
основе EVI,



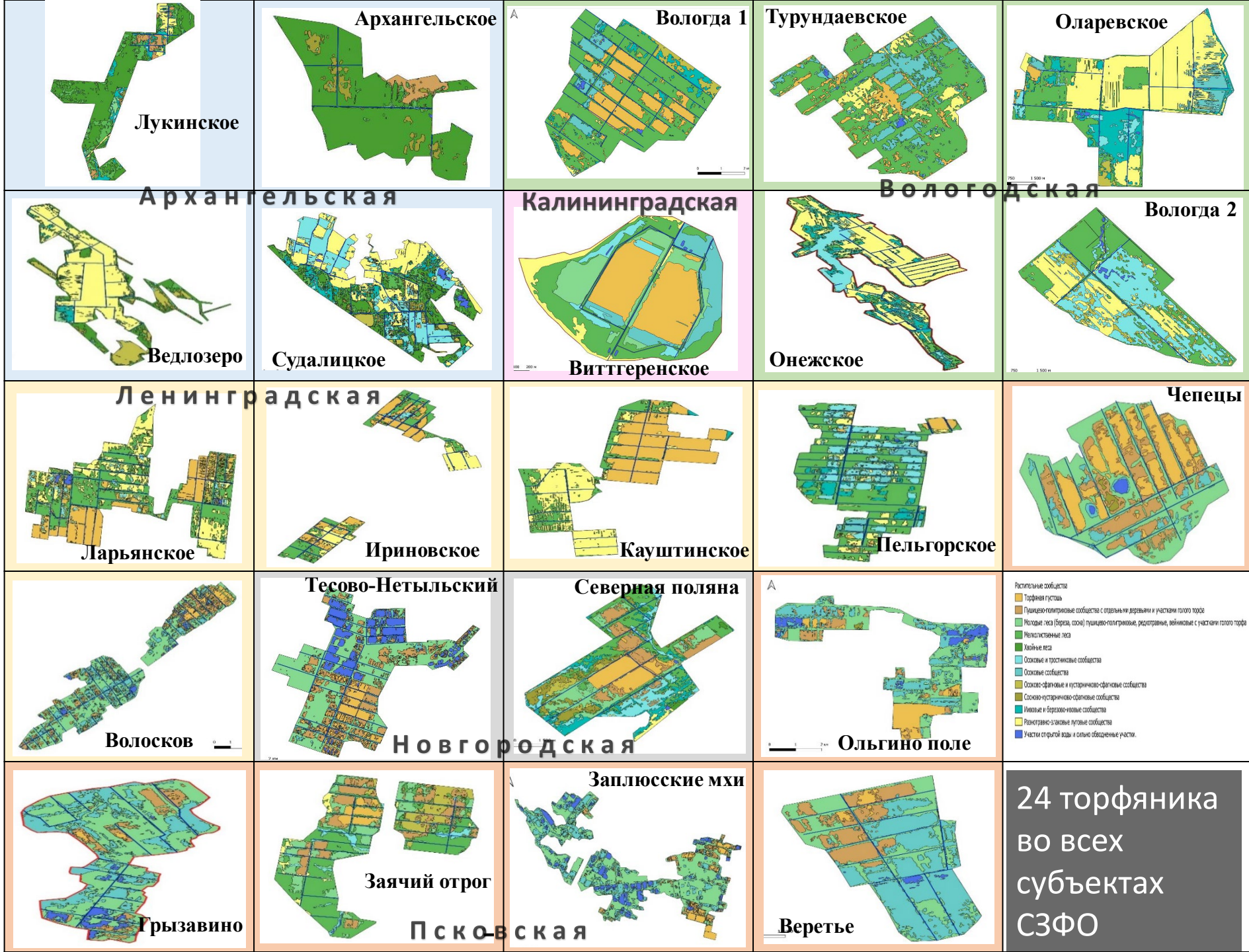
- заросли
- мелколиственный лес
- хвойный лес
- водные и обводненные участки
- торфяные пустоши
- пушицево-политриховые участки
- луговые участки
- тростниковые участки
- осоковые участки
- сфагновые участки

Этап 3

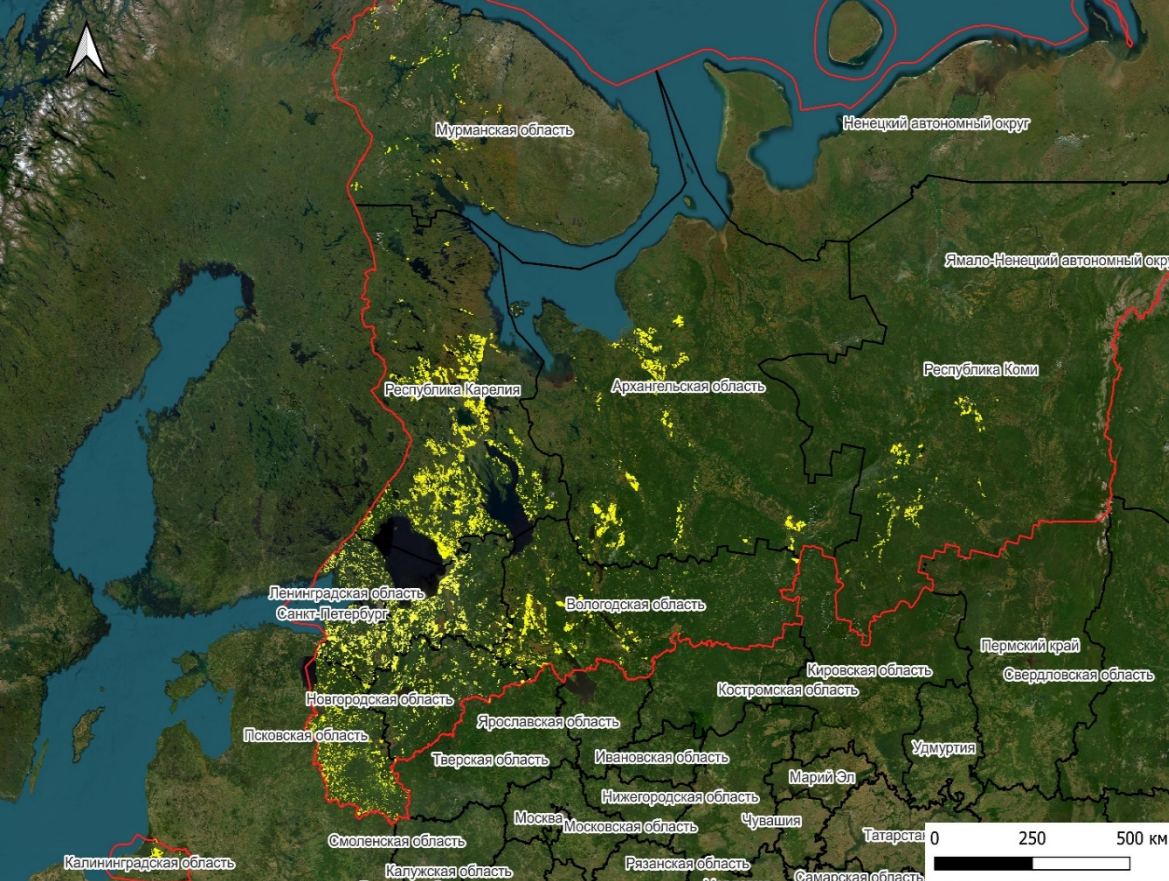
-выделение торфяных пустошей (1) и сообществ с участками голого торфа (2) на основе NDVI июль-август,

-Выделение тростниковых, осоковых и сфагновых сообществ на основе EVI апрель-май

Точность разработанного метода на основе полевых точек и матрицы ошибок и индекс К - Каппа Коэна: 70-80%



Перечень торфяников СЗФО,
наиболее подверженным
пожарам за 20 лет с оценкой
вероятности развития пожара



Субъекты	Всего	Количество	Площадь, га
Архангельская область	501		350518,515
Вологодская область	576		303682,6
Калининградская область	50		34413,96
Республика Карелия	3431		614538,5
Республика Коми	287		114279,2
Ленинградская область	2691		607215
Г. Санкт-Петербург	39		5260,584
Мурманская область	262		26346,63
Новгородская область	544		140937,2
Псковская область	1545		270564,2

Всего было выделено 9983
торфяника различного типа в
пределах СЗФО



Осушенные леса



Осушенные
пашни



Осушенные луга



Торфодобыча



Застройка

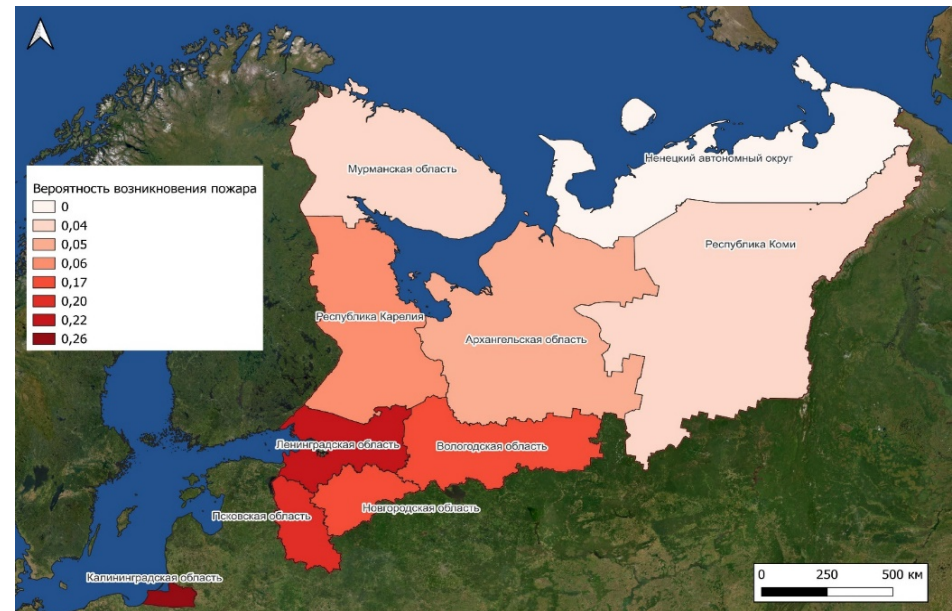
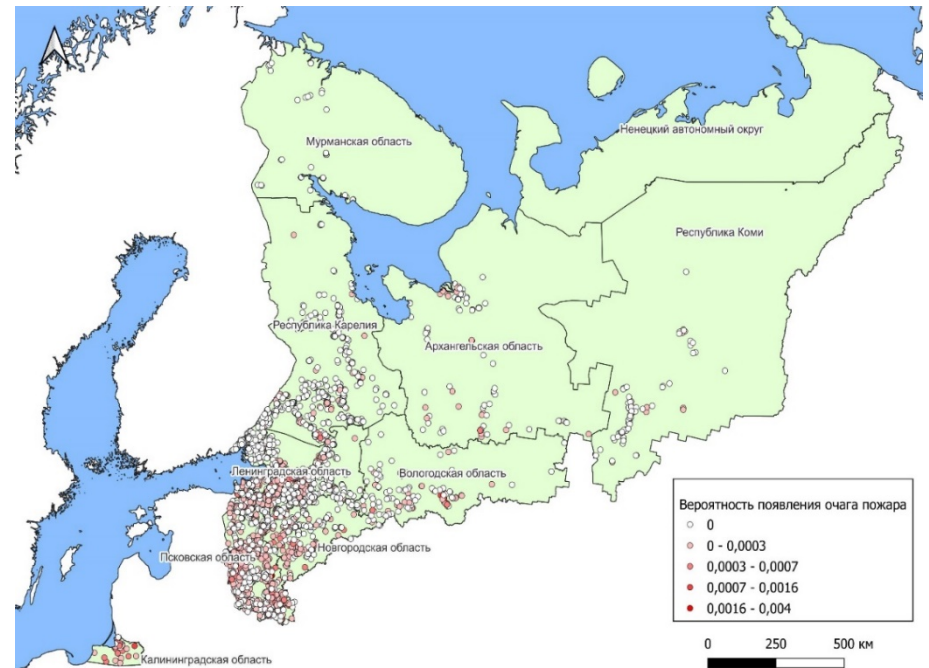
Карты вероятности появления очага пожара

Оценка вероятности

$$P = \frac{\sum_{i=1}^n k_i}{mn}$$

k_i – количество лет с зафиксированными пожарами в пределах i -го торфяника, n – количество торфяников, m – количество лет наблюдений каждого торфяника.

Тип нарушения	Общее количество	Сумма лет	Вероятность
Осушенные леса	1271	2820	0,0964
Осушенные луга	1401	4962	0,1539
Осушенные пашни	221	938	0,1845
Торфодобыча	477	2111	0,1924
Слабонарушенный	53	145	0,1189



Перечень наиболее подверженных пожарам торфяников

Таблица 6.3. Перечень наиболее подверженных пожарам торфяников, осушенных с целью выращивания леса.

№	Частота в годах	Частота в днях	Координаты объекта		Вероятность возникновения очага пожара	Регион
			X	Y		
1	18	115	42,07492	61,12542	0,000615742	Архангельская
2	16	55	28,5676	59,31129	0,000547327	Ленинградская
3	16	33	30,42394	56,28456	0,000547327	Псковская
4	15	33	30,80343	56,55418	0,000513119	Псковская
5	14	107	33,55166	59,59224	0,000478911	Ленинградская
6	13	30	28,23841	56,83002	0,000444703	Псковская
7	13	24	27,93022	57,74217	0,000444703	Псковская

Таблица 6.4. Перечень наиболее подверженных пожарам торфяников, осушенных с целью с/х освоения

№	Частота в годах	Частота в днях	Координаты объекта		Вероятность возникновения очага пожара	Регион
			X	Y		
1	22	159	28,05725	57,78857	0,000682742	Псковская
2	20	63	21,41978	55,04775	0,000620675	Калининградская
3	20	79	21,49473	55,03514	0,000620675	Калининградская
4	20	57	21,36251	55,03036	0,000620675	Калининградская
5	20	51	30,00557	56,9136	0,000589641	Псковская
6	19	45	21,51033	55,01592	0,000589641	Калининградская

Таблица 6.5. Перечень наиболее подверженных пожарам торфяников, осушенных с целью торфодобычи.

№	Тип добычи	Частота в годах	Частота в днях	Координаты объекта		Вероятность возникновения очага пожара	Регион
				X	Y		
1	фрезерный	19	93	30,1889	57,08218	0,001731838	Псковская область
2	фрезерный	19	51	30,5483	56,37493	0,001731838	Псковская область
3	фрезерный	18	61	39,82372	59,376	0,001640689	Вологодская
4	фрезерный	18	51	28,95158	58,97452	0,001640689	Ленинградская
5	фрезерный	18	37	29,27214	58,72856	0,001640689	Ленинградская
6	фрезерный	18	121	31,61262	59,75512	0,001640689	Ленинградская

Заключение

В результате выполнения грантового проекта были получены следующие результаты:

1. Методика детального индикационного картографирования торфяников с помощью космической съемки с опорой на съемку с БПЛА и эталонные описания для оценки пожароопасности.
2. Результаты детального картографирования (карты) эталонных торфяников, выбранных для экспедиционных исследований.
3. Методика экспресс-индикационного обзорного картографирования состояния растительного покрова торфяника с точки зрения пожароопасности.
4. Результаты экспресс-картографирования (карты) торфяников наиболее подверженным пожарам в пределах СЗФО.
5. Перечень торфяников СЗФО, наиболее подверженных пожарам за 20 лет.
6. Перечень торфяников, наиболее опасных в плане возникновения пожаров в будущем с оценкой вероятности пожара на осушенном торфянике в зависимости от типа и его состояния и регионального положения.

Литература

1. Ахметьева Н.П., Лапина Е.Е., Кудряшова В.В. Влажность торфа и возникновение пожаров на болотах // Мелиорация и природная среда. 2014. № 3. С. 26-29.
2. Ахметьева Н.П., Михайлова А.В., Федорова Л.П. Восстановление растительного покрова на начальной стадии зарастания гарей на выработанных торфяниках // Лесоведение. 2018. № 2. С. 119-129.
3. Вомперский С.Э., Глухова Т.В., Смагина М.В., Ковалев А.Г. Условия и последствия пожаров в сосняках на осушенных болотах // Лесоведение. 2007. №6. С. 35-44.
4. Грицков С.Н., Исаков Г.Н. Моделирование и мониторинг ландшафтных торфяных пожаров // Вестник кибернетики. 2018. № 2. С. 175–182.
5. Гришин А.М. О математическом моделировании торфяных пожаров // Вестник Томского государственного университета. Сер. Математика и Механика. 2008. № 3(4) С. 85-94.
6. Евграфов А.В. Мониторинг уровня грунтовых вод с целью предупреждения лесоторфяных пожаров // Природообустройство. 2012. № 1. С. 19-22.
7. Ильясов Д., Сирин А., Макарова Л. и др. ГИС-картографирование торфяных болот и антропогенно измененных торфяников Рязанской области // Вестник РГТУ. 2019. № 1 (41). С. 30-38.
8. Кулеш Р.Н., Субботин А.Н. Математическое моделирование теплопереноса при воспламенении торфа // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2013. Т. 323. № 4. С. 85-90.
9. Маслов А.А., Гульбе Я.И., Макаров Д.А., Сирин А.А. Восстановление допожарных характеристик лесных насаждений на гари по данным космической съемки и полевых наблюдений // Лесохозяйственная информация. 2017. №4. С. 73-83.
10. Маслов Б.С. Вопросы истории мелиорации торфяных болот и развитие науки // Вестник ТГПУ. 2008. Выпуск 4 (78). С. 64-69.
11. Медведева М.А., Возбранная А.Е., Барталев С.А., Сирин А.А. Оценка состояния заброшенных торфоразработок по многоспектральным спутниковым изображениям // Исследование земли из космоса. 2011. № 5. С. 80–88.
12. Минаева Т.Ю., Сирин А.А. Биологическое разнообразие болот и изменение климата // Успехи современной биологии. 2011. Т. 131. № 4. С. 393-406.
13. Орлов Т.В., Шахматов К.Л. Анализ эффективности работ по вторичному обводнению торфяников Тверской области с помощью данных дистанционного зондирования // Геоэкология. 2020. № 6. С. 74-82. <https://doi.org/10.31857/S0869780920060089>
14. Панов В.В. Восстановление торфяных болот: учеб. пос. Томск: Издательство Томского государственного педагогического университета, 2006. 70 с.
15. Панов В.В. Восстановление торфяных болот: учеб. курс. Тверь-Москва: Изд-во «Триада», 2021. 184 с.
16. Панов В.В. О роли гидростатики в развитии торфяного болота // Труды Инсторфа, 2011. № 3 (56).
17. Панов В.В. Перспективное использование выработанных торфяных болот. Тверь: Изд-во «Триада», 2013. 218 с.
18. Панов В.В., Цымякова С.С. Пространственная структура пожаров и гари на техногенно нарушенных торфяных болотах // Известия РГО. 2013. Т. 145. Вып. 1. С. 80-90.
19. Приказ об утверждении классификации природной пожарной опасности лесов и классификации пожарной опасности в лесах в зависимости от условий погоды от 5 июля 2011 года №287. URL: <https://docs.cntd.ru/document/902289183>.
20. Сонюшкин А.В., Шумилин А.В., Кучейко А.А. Спутниковый мониторинг пожаров в России летом 2010 г. // Земля из космоса – наиболее эффективные решения. 2010. №7. С. 56-59.
21. Субботин А.Н. Распространение торфяного пожара при разных условиях теплообмена с внешней средой // Пожаровзрывобезопасность. 2007. Т. 16. №5. С. 42-49.
22. Фильков А.И. Физико-математическое моделирование возникновения природных пожаров. Томск: Издательский Дом ТГУ, 2014. 276 с.
23. Atwood E.C., Englhart S., Lorenz E. et al. Detection and Characterization of Low Temperature Peat Fires during the 2015 Fire Catastrophe in Indonesia Using a New High-Sensitivity Fire Monitoring Satellite Sensor (FireBird). 2016. PLoS ONE 11(8): e0159410. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0159410>
24. Krishna Prasad Vadrevu, Eaturu Anuradha, K.V.S. Badarinath. Fire risk evaluation using multicriteria analysis - a case study // Environ Monit Assess. 2010. 166:223–239. <https://doi.org/10.1007/s10661-009-0997-3>
25. Sheriza M. Razali, Ahamad Ainuddin Nuruddin, Ismail A. Malek, Norizan A. Patah. Forest fire hazard rating assessment in peat swamp forest using Landsat thematic mapper image // J. of Applied Remote Sensing. 2010. V. 4. 043531. 1-7 p. <https://doi.org/10.1117/1.3430040>
26. Tansey K., Beston J., Hosco A. et al. Relationship between MODIS fire hot spot count and burned area in a degraded tropical peat swamp forest in Central Kalimantan, Indonesia // Journal of geophysical research. V. 113. D23112. <https://doi.org/10.1029/2008JD010717>. 2008. 1-8 p.
27. Turetsky M.R., Amiro B.D., Bosch E., Bhatti J.S. Historical burn area in western Canadian peatlands and its relationship to fire weather indices // Global biogeochemical cycles. 2004. V. 18. GB4014. <https://doi.org/10.1029/2004GB002222>
28. Wilkinson S.L., Verkaik G.J., Moore P.A., Waddington J.M. Threshold peat burn severity breaks evaporation-limiting feedback // Ecohydrology. 2019. 13(1): e2168. <https://doi.org/10.1002/eco.2168>
29. Xinyan Huang A., Guillermo Rein. Computational study of critical moisture and depth of burn in peat fires // International Journal of Wildland Fire. 2015. 24. P. 798–808. <http://dx.doi.org/10.1071/WF14178>