

ИЗУЧЕНИЕ СОВРЕМЕННОЙ КЛИМАТОЛОГИИ СМЕРЧЕЙ В ЛЕСНОЙ ЗОНЕ РОССИИ ПО ДАНЫМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

А.Н. Шихов¹, А.В. Чернокульский²

*¹Пермский государственный университет,
кафедра картографии и геоинформатики*

²ИФА им. А.М. Обухова РАН

*Исследования выполнены при поддержке РФФИ
проекты № 16-05-00245-а, 15-35-20962 мол_а_вед*

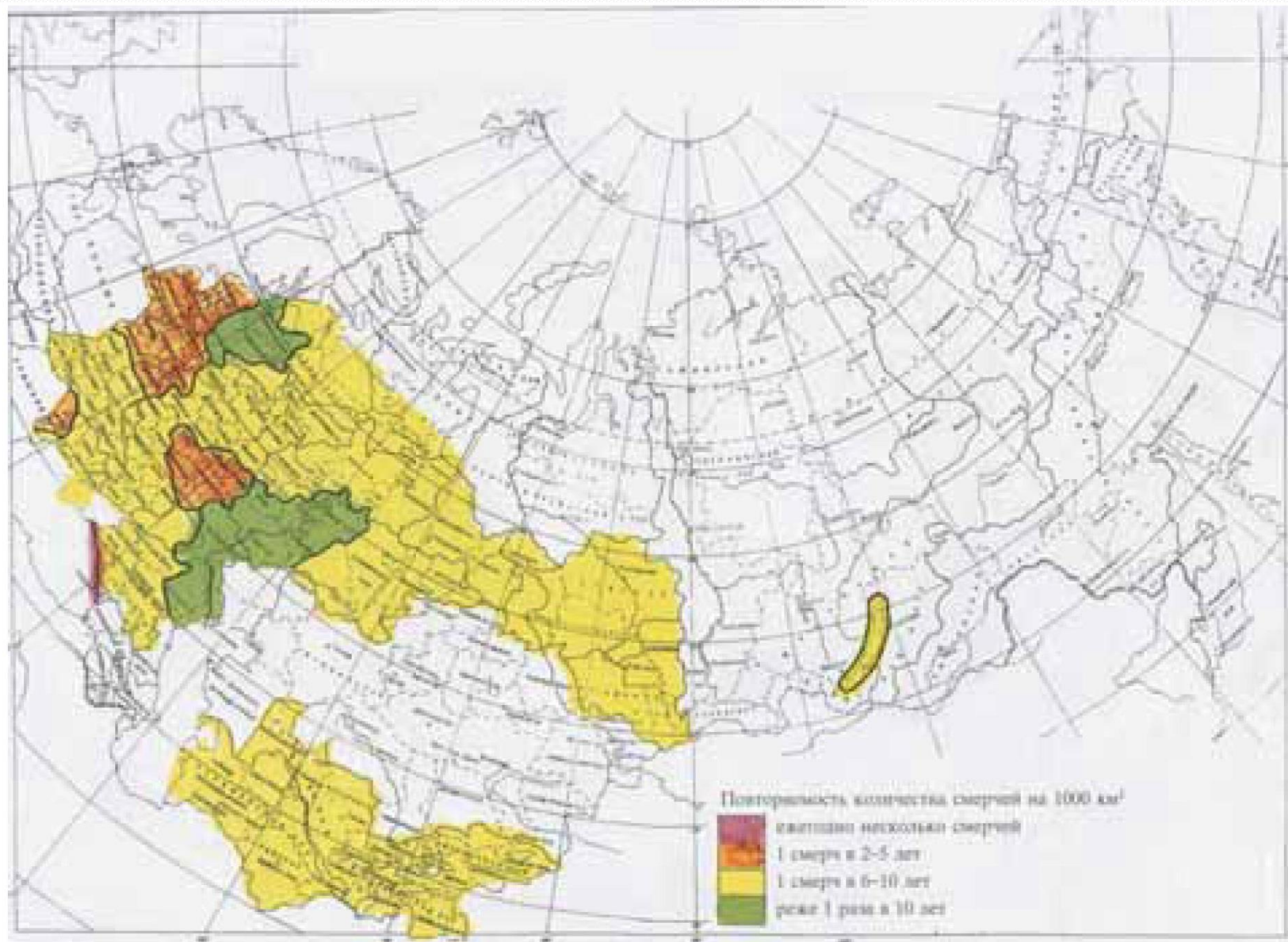
Проблема

- В условиях современного изменения климата, увеличиваются риски, связанные с опасными явлениями погоды, в том числе со смерчами.
- Существующие оценки повторяемости смерчей необъективны и зависят от числа наблюдателей (плотности населения).

Пути решения

- Разработка независимой от наземных наблюдений методики оценки повторяемости смерчей, на основе идентификации смерчевых ветровалов в лесной зоне по данным космической съемки

Районы повторяемости смерчей в СНГ, по данным (В.А. Акимов, Р.А. Дурнев, Ю.И. Соколов, ФГУ ВНИИ ГОЧС, 2009)



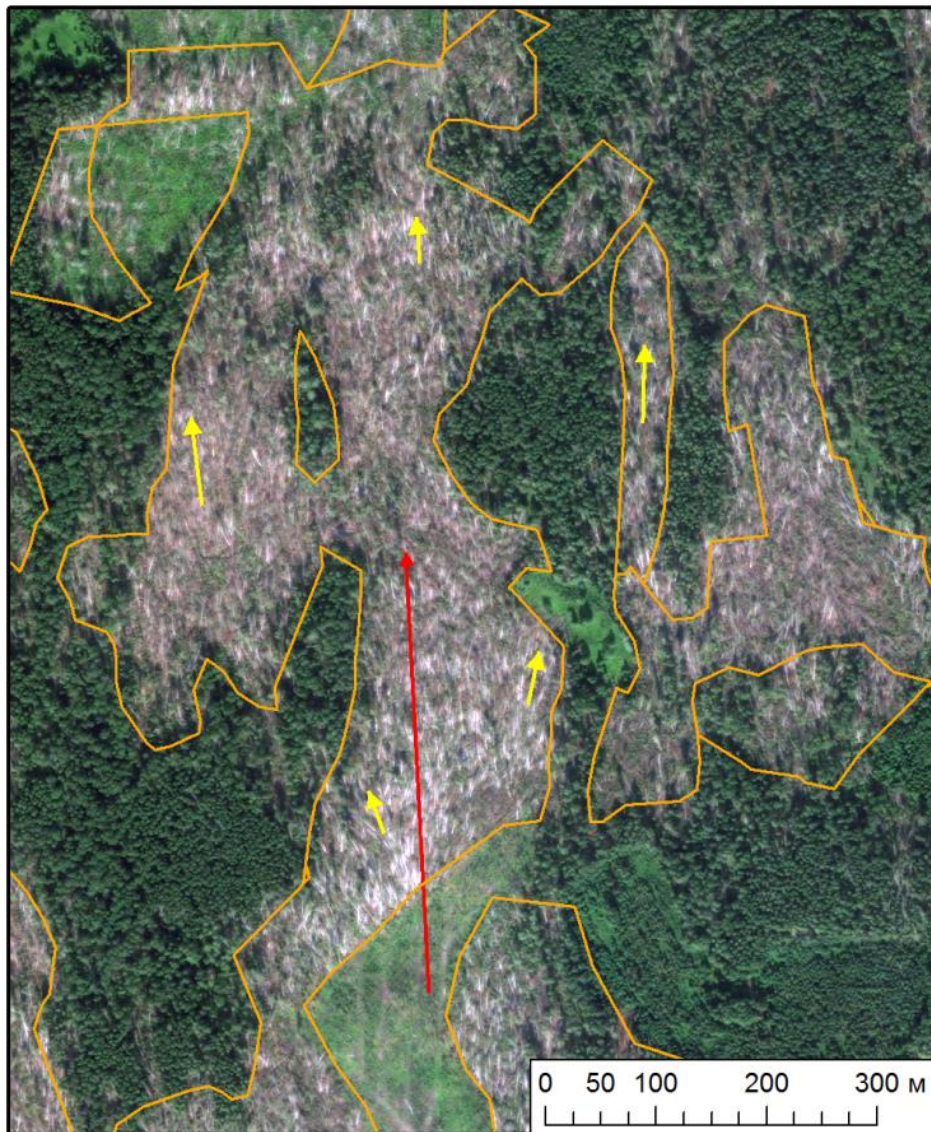
Исходные данные

- Данные Global Forest Change (Hansen et al., 2013) о нарушениях лесного покрова по годам (Forest Loss Year).
- Снимки LANDSAT с web-ресурсов USGS
- Снимки сверхвысокого разрешения с открытых картографических сервисов
- Зимние снимки Terra/Aqua MODIS
- Данные реанализа метеорологических полей
- Данные о случаях смерчей из СМИ, из базы данных ESWD и других источников

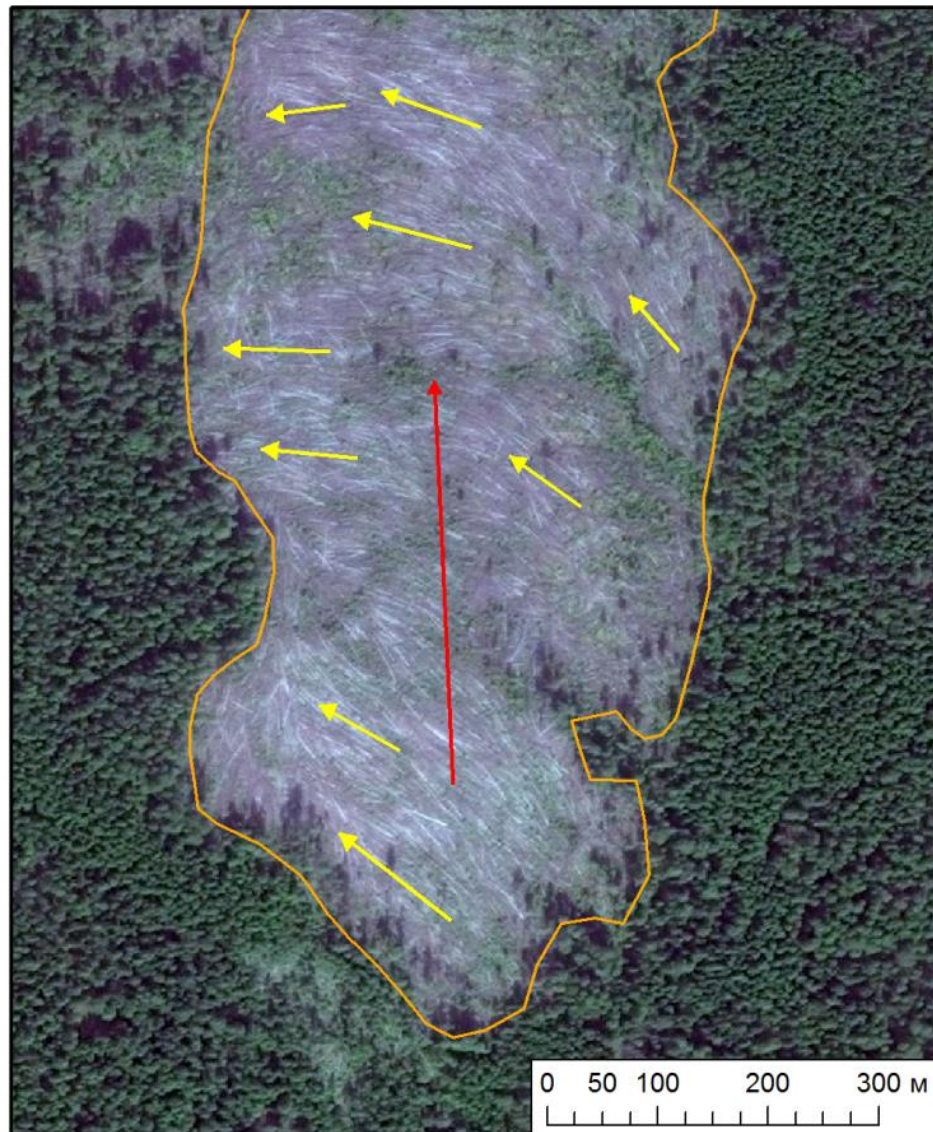
Отличительные признаки смерчевых ветровалов

- Характерные размеры полигона $L = 1...100$ км, $M = 50...2000$ м, $L \gg M$.
- Сплошной характер повреждения древостоя.
- Линейная структура, отличающая смерчевые ветровалы от шкваловых, для которых характерна веерная структура и мозаичный характер повреждений.
- Вихревой характер повала деревьев с выраженным отклонением против часовой стрелки (в среднем на $60-90^\circ$).

Типовые отличия шквального и смерчевого ветровалов



- направление ветра при шквале
- вектор вывала деревьев
- контур ветровала

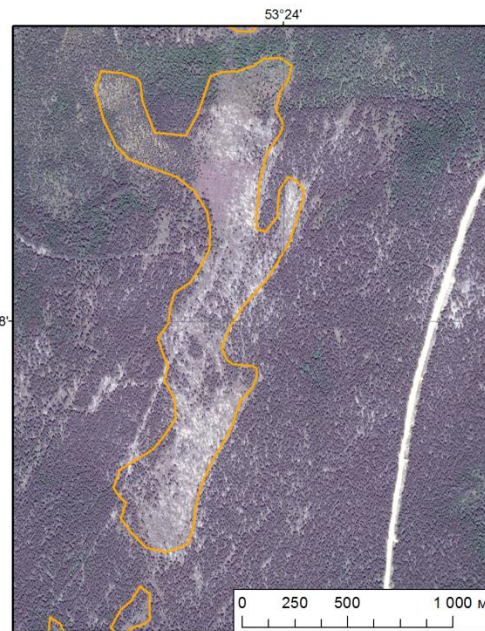
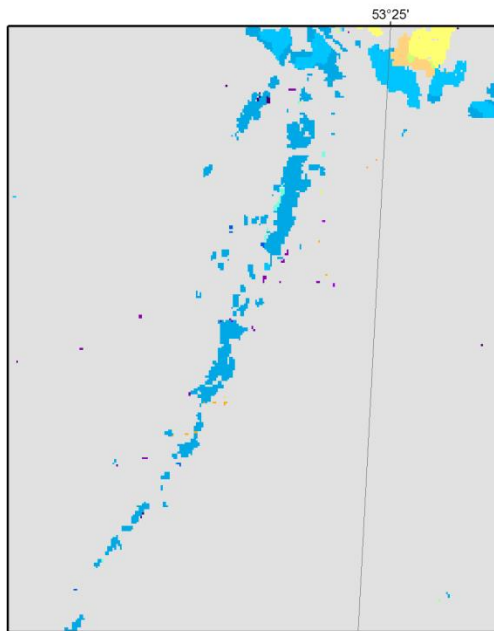
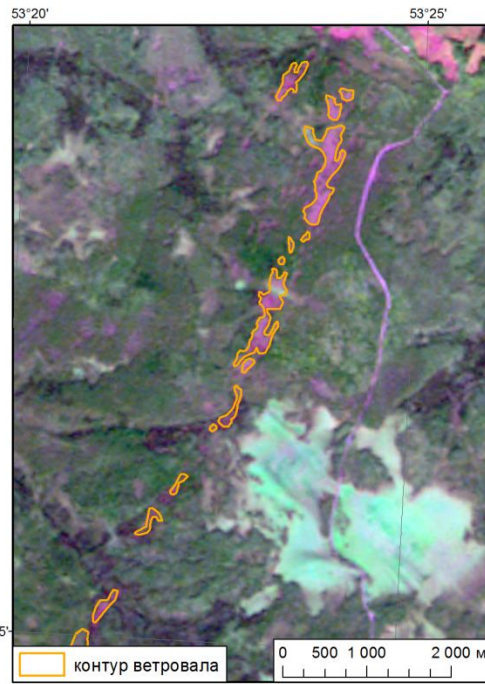


- направление движения смерча
- вектор вывала деревьев
- контур ветровала

ПРИМЕР РЕАЛИЗАЦИИ МЕТОДИКИ

(случай смерча
07.06.2009 г., Пермский
край)

1. Снимок до смерча
2. Снимок после смерча
3. Растр Forest Loss Year
4. Снимок высокого разрешения



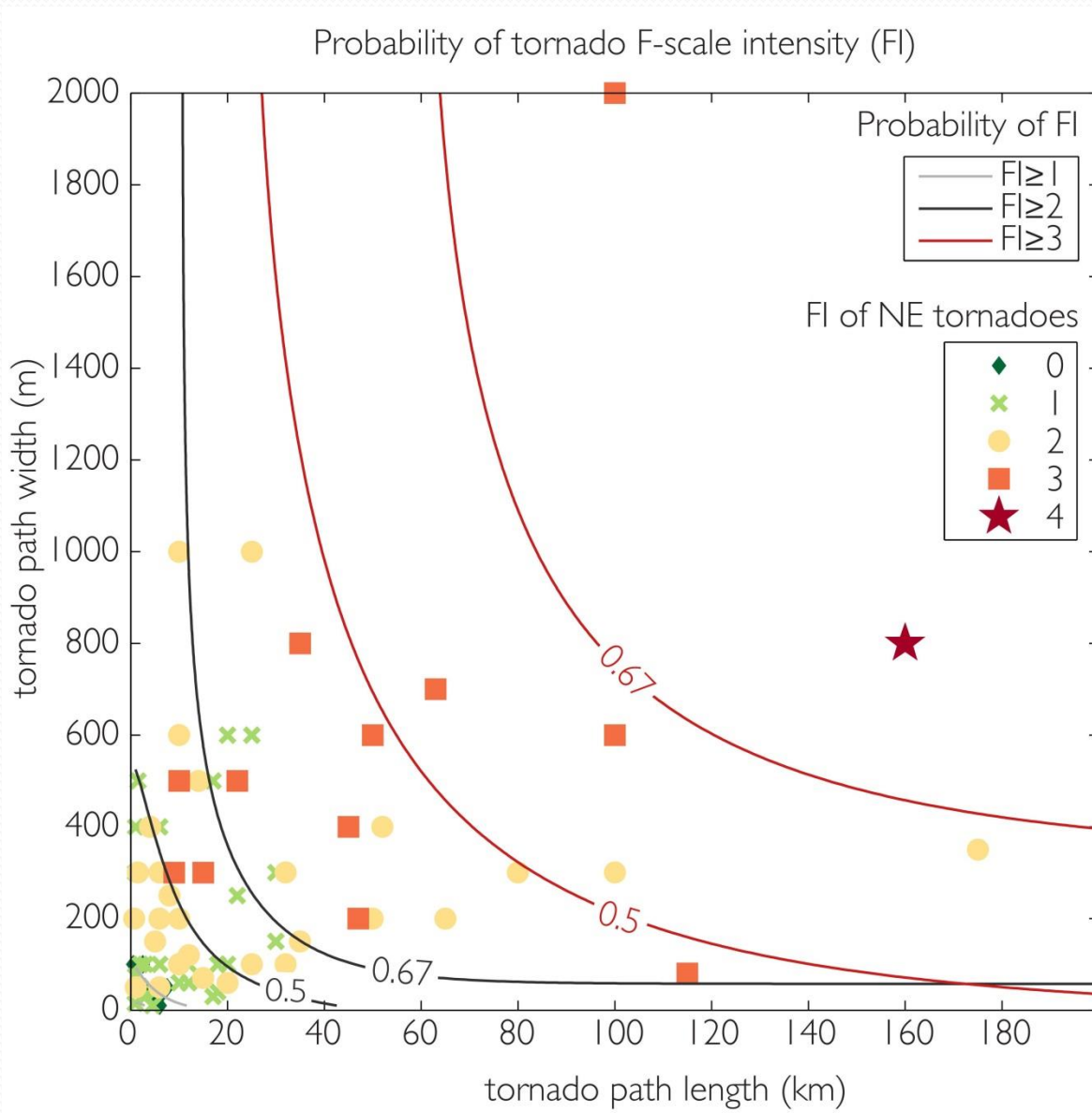
Определение даты прохождения смерча

- Для определения даты (диапазона дат), когда наблюдался смерч, использованы:
- Все доступные снимки LANDSAT
- Данные реанализа метеорологических полей по модели CFS (для определения конкретного дня прохождения смерча из выбранного диапазона дат)
- Данные Европейской базы данных об опасных явлениях погоды ESWD, средств массовой информации

Вероятностная оценка интенсивности смерчей по шкале Фуджита (F-scale intensity)

- Для оценки интенсивности адаптирована методика (Brooks, 2004). Им предложена модель распределения Вейбулла для описания вероятной длины и ширины трека торнадо при различной (известной) интенсивности.
- В нашем случае по данному распределению оценивалась **вероятность достижения заданной (минимальной) интенсивности (probability of minimal F-scale tornado intensity)**, причем длина и ширина трека рассматривались как независимые переменные.

Пример оценки минимальной интенсивности смерчей, на основе базы данных А.И. Снитковского

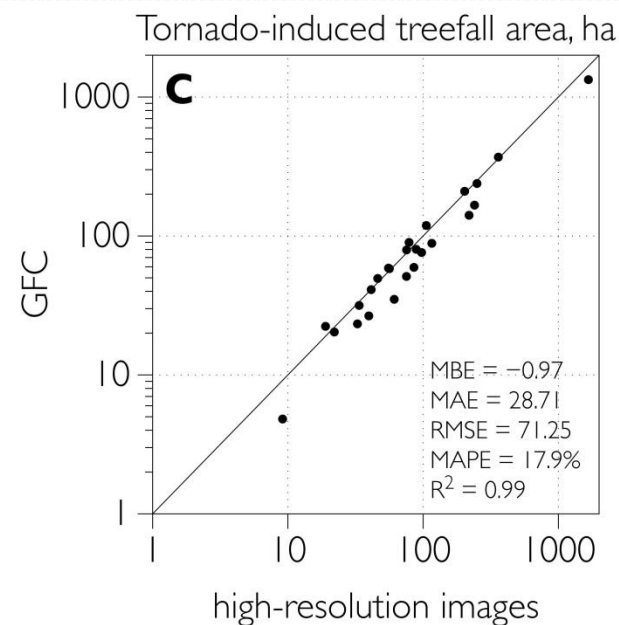
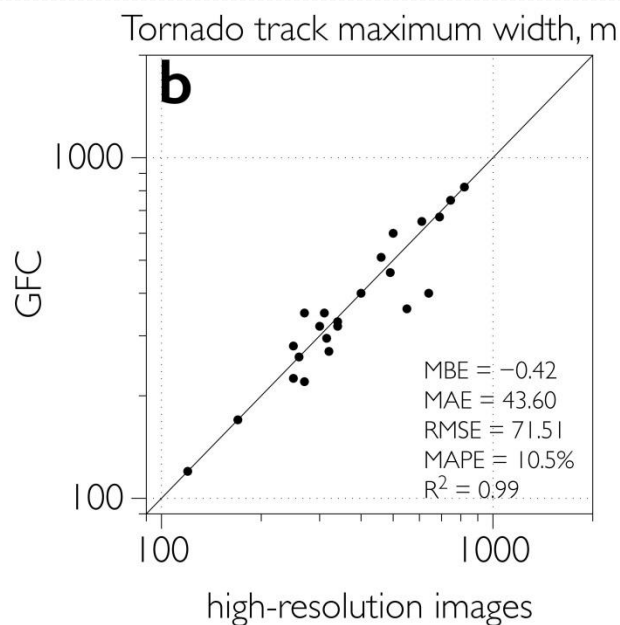
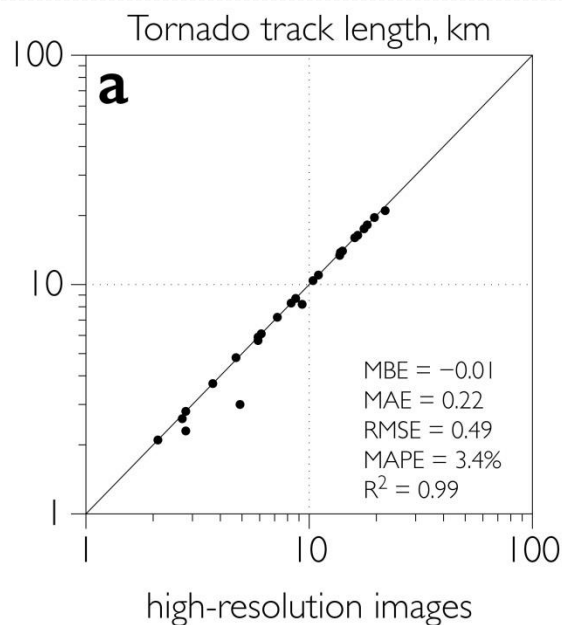


Ограничения методики

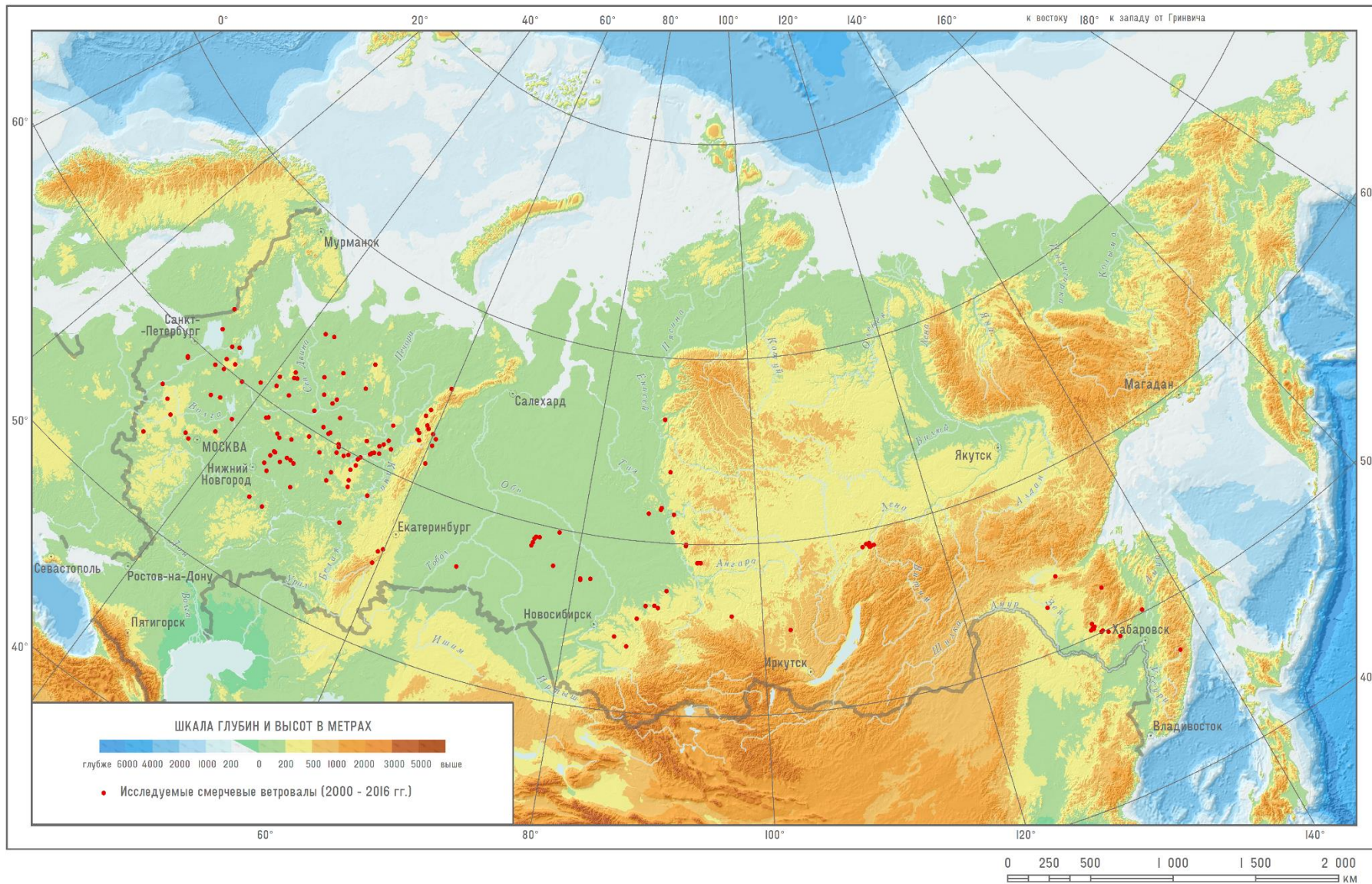
- Методика неприменима на территориях с лесистостью менее 50%
- Не всегда удастся точно определить дату смерча (около трети случаев для ЕТР, около 10% для Сибири).
- Влияние дефекта SLC-off в данных LANDSAT-7 ETM+ - возможны пропуски ветровалов
- Пропускаются узкие ветровалы шириной менее 60 м (2 пиксела съемочной системы LANDSAT)
- Не идентифицируются ветровалы на участках, пройденных пожарами

Оценка точности данных Global Forest Change

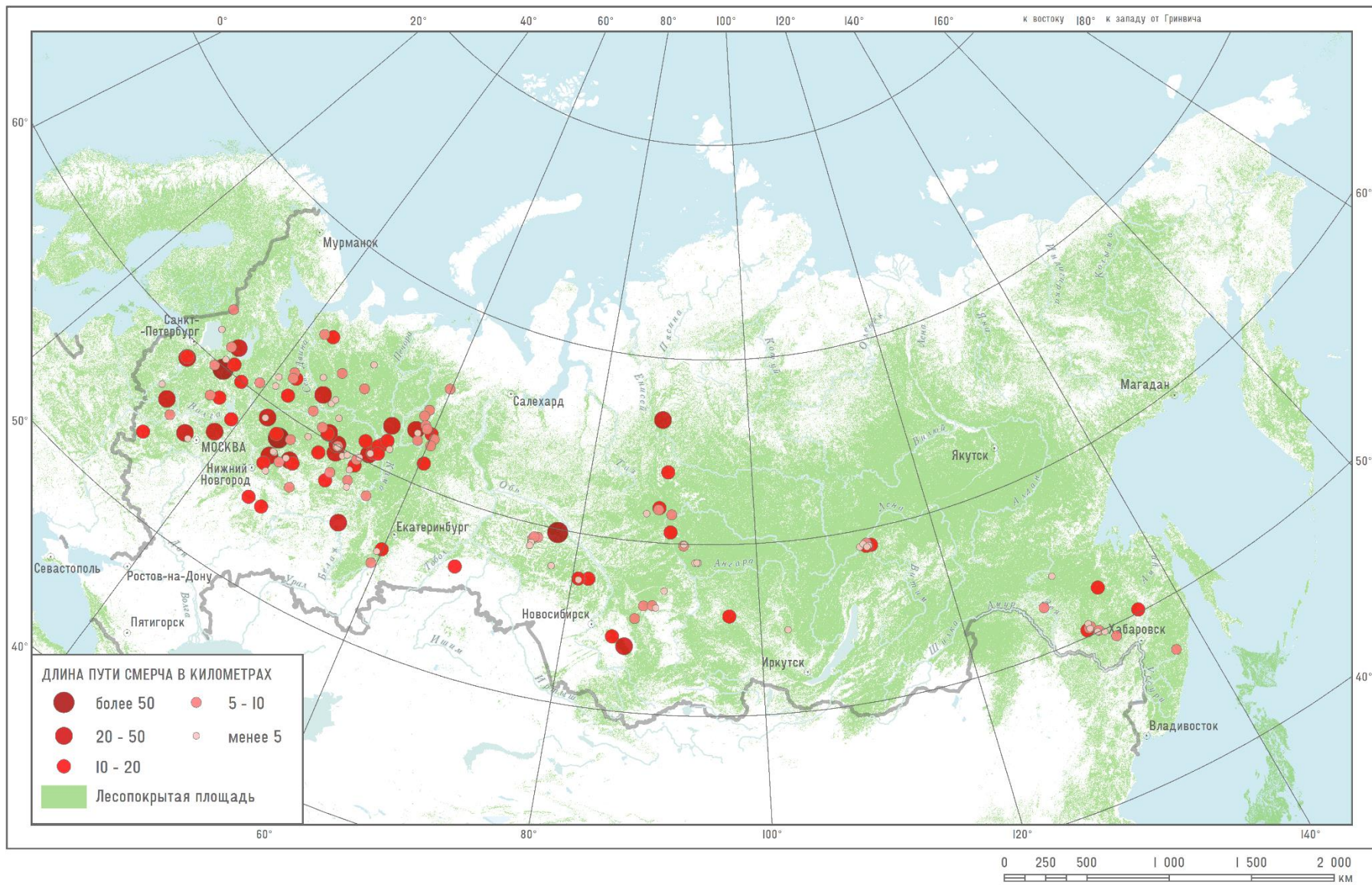
- Наиболее высокую точность имеет оценка по данным GFC длины трека торнадо.
- Площадь ветровалов систематически занижается (для относительно слабых смерчей – недооценка до 30%)



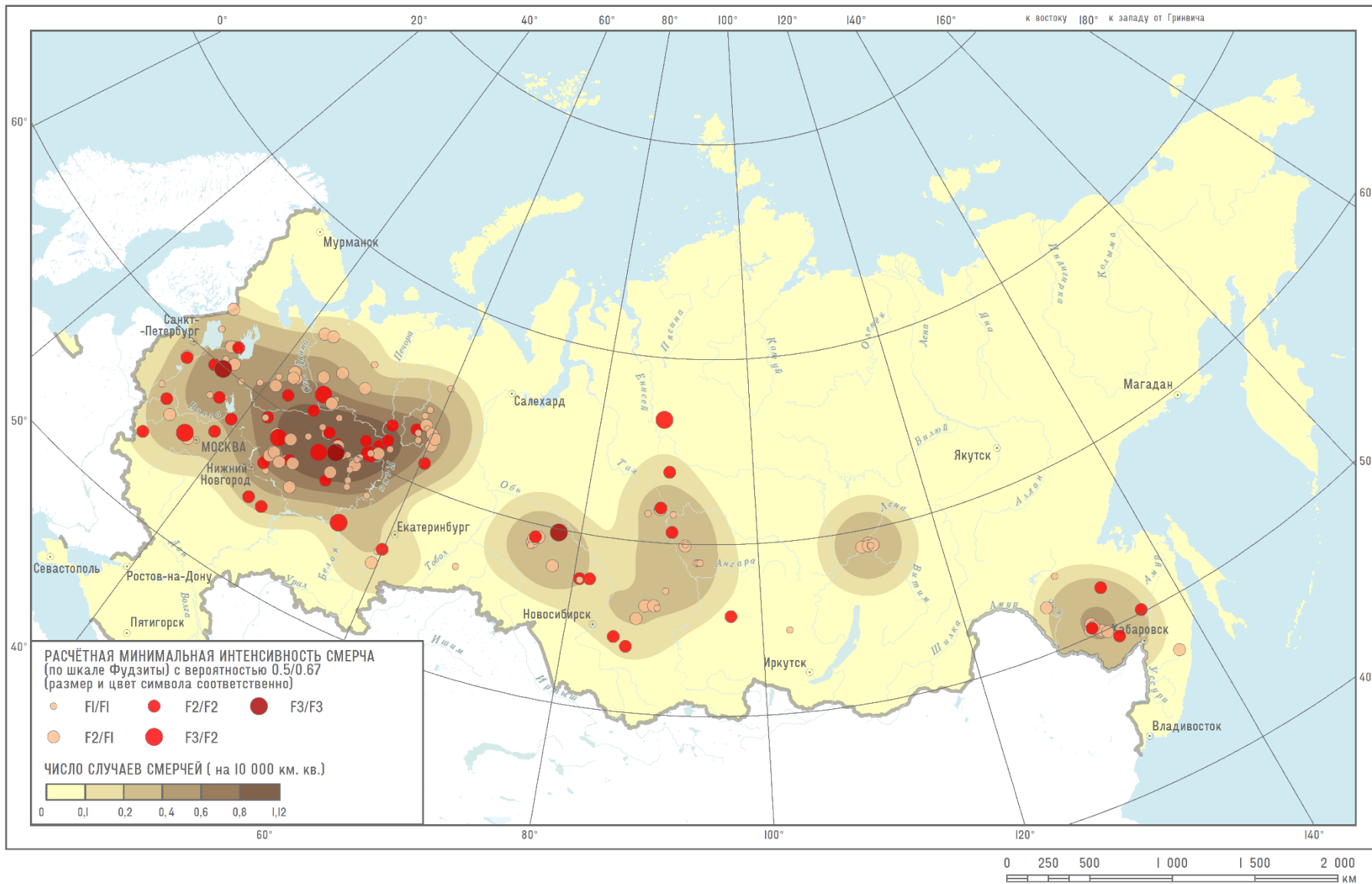
СМЕРЧЕВЫЕ ВЕТРОВАЛЫ В РОССИИ



СМЕРЧЕВЫЕ ВЕТРОВАЛЫ В ЛЕСНОЙ ЗОНЕ РОССИИ



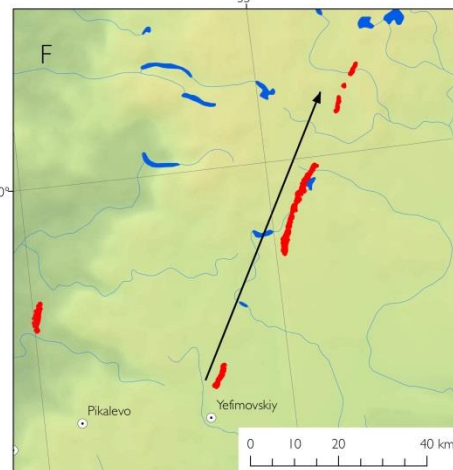
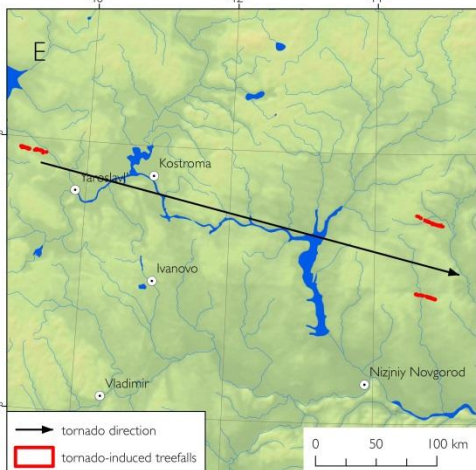
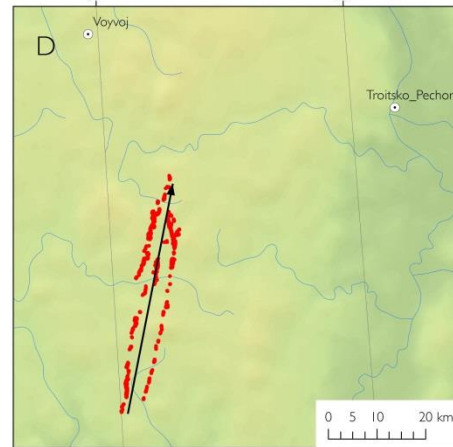
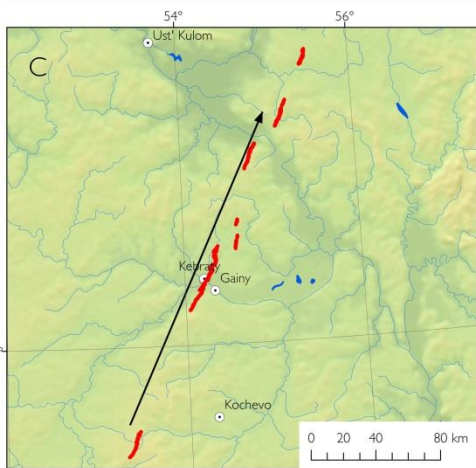
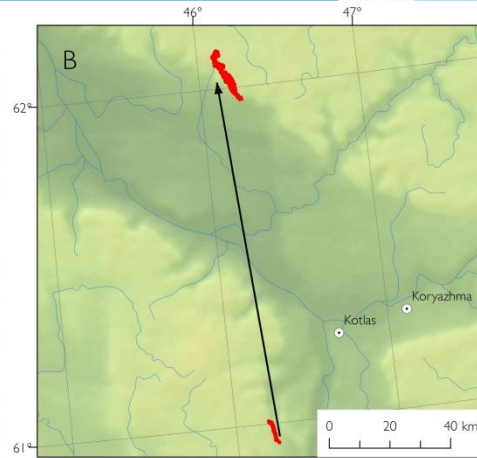
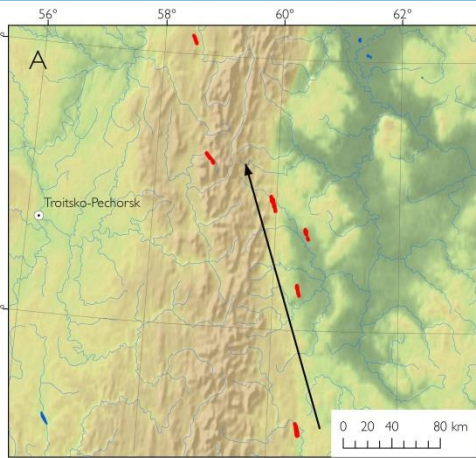
ПЛОТНОСТЬ И ИНТЕНСИВНОСТЬ СМЕРЧЕВЫХ ВЕТРОВАЛОВ В РОССИИ



Случаи

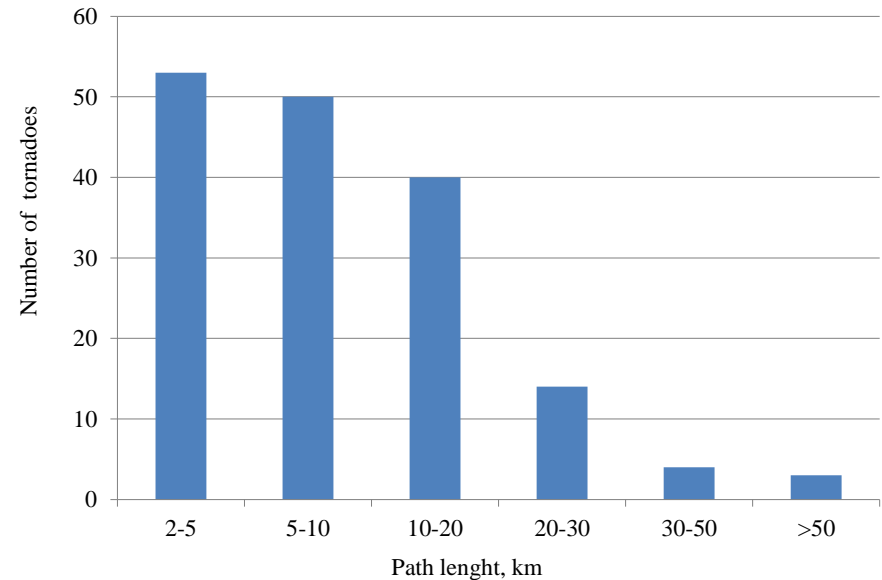
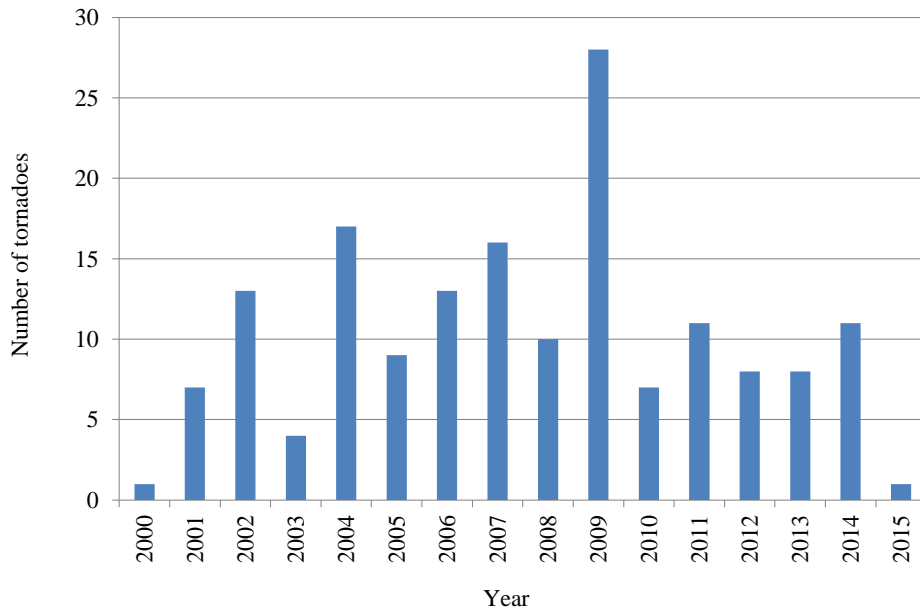
Tornado Outbreak

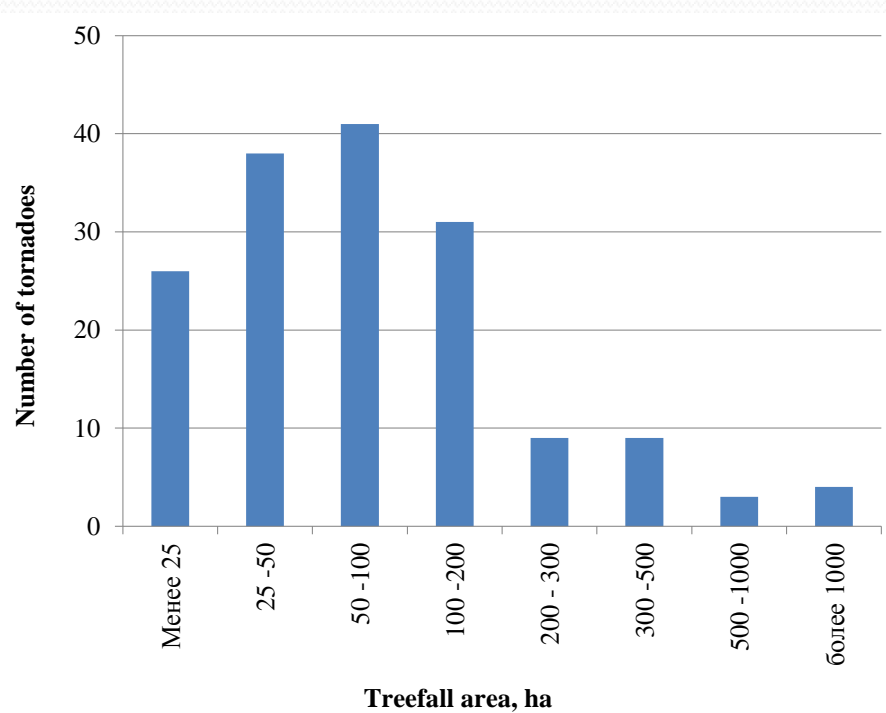
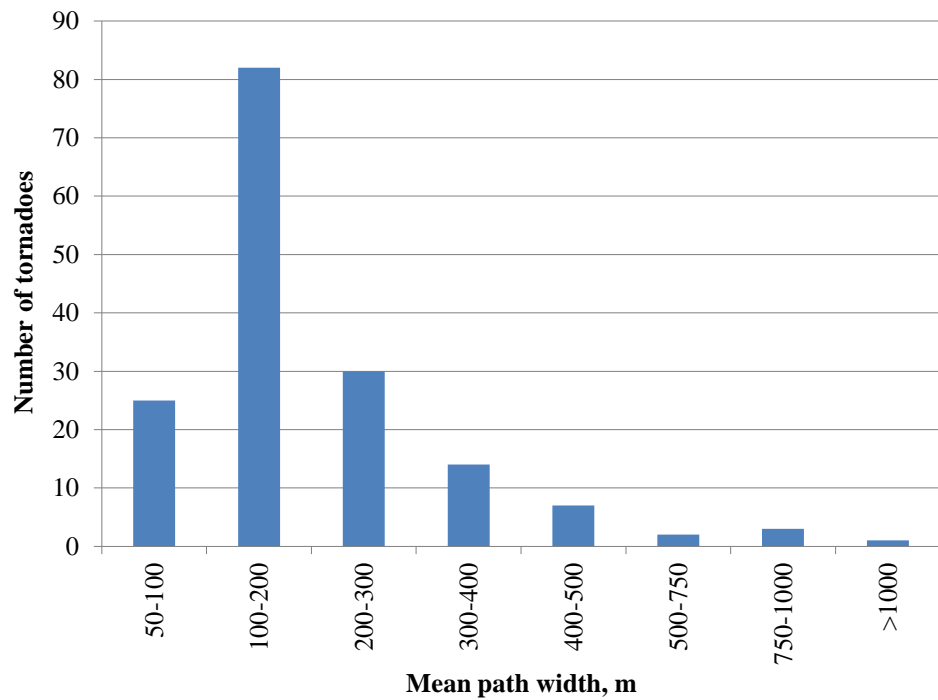
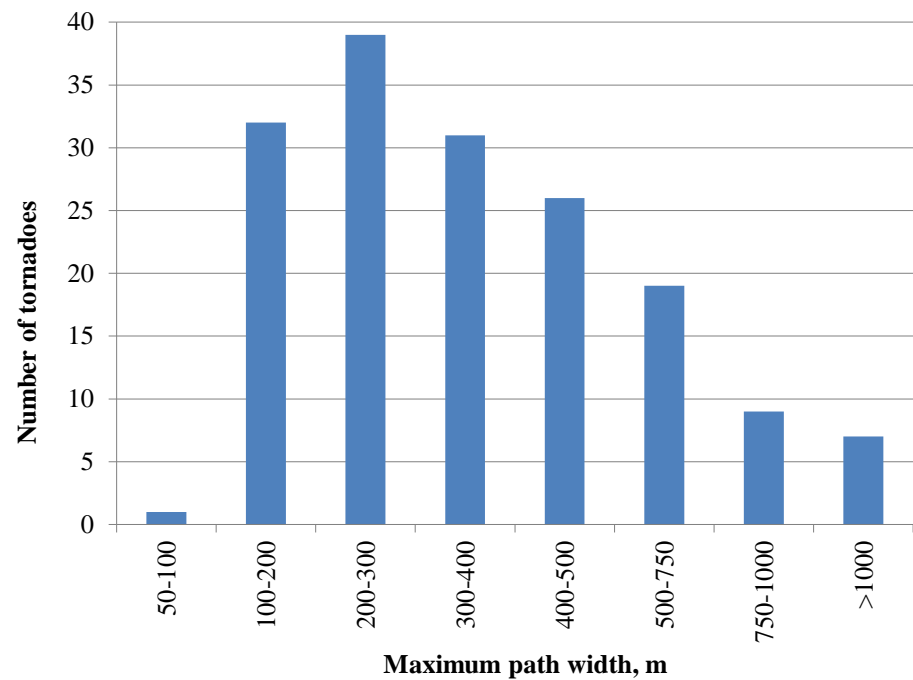
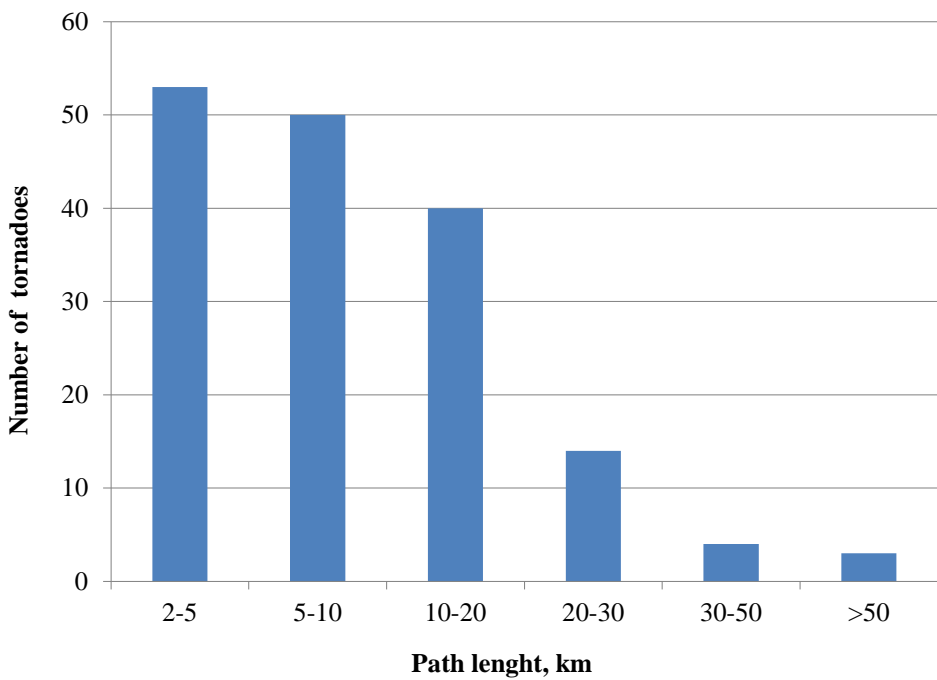
- А) 23.об.2007, ХМАО и Республика Коми
- В) 26.об.2008, Архангельская область
- С) 07.об.2009, Пермский край и Коми
- D) Июнь 2009 г., Республика Коми
- E) 12.об.2010, Нижегородская область
- F) 07.08.2012, Ленинградская область



Основные характеристики смерчей

- Всего выделено 164 случая смерчей, в том числе 15 случаев Tornado Outbreak (2-7 случаев смерчей за 1 день).
- 5 случаев смерчей с длиной пути 50 км и более
- 9 случаев смерчей с максимальной шириной ветровала 1000 м и более

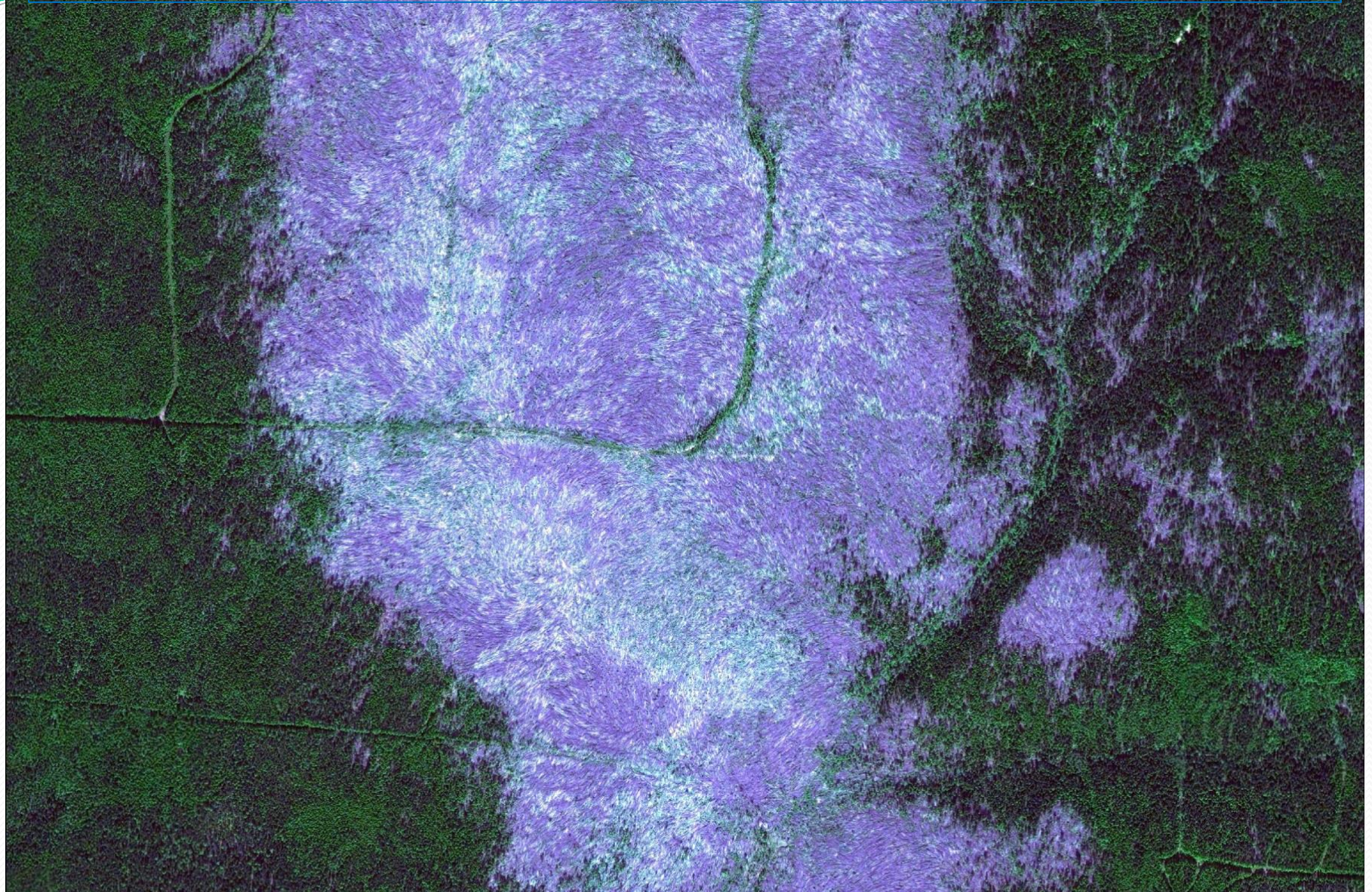




Выдающиеся случаи смерчей

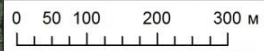
Дата	Район наблюдения	Длина пути, км	Средняя ширина, м	Макс. ширина, м
2001 г.	Томская область, Александровский район	70	1000	1560
Август 2001 г.	Костромская область, Нейский и Кологривский районы	54	350	700
21.08.2004	Ленинградская область, Подпорожский район	43	250	480
26.06.2008	Архангельская область, Верхнетоемский район	22	1000	2200
03.06.2009	Ярославская область, Переяславский район	25	300	570
07.06.2009	Пермский край, Гайнский район	50	400	900
07.08.2012	Ленинградская область, Бокситогорский район	80	500	1000
17.06.2013	Кировская область, Нагорский район	50	1000	1600
18.06.2013	Республика Коми, Троицко-Печорский район	29	200	450

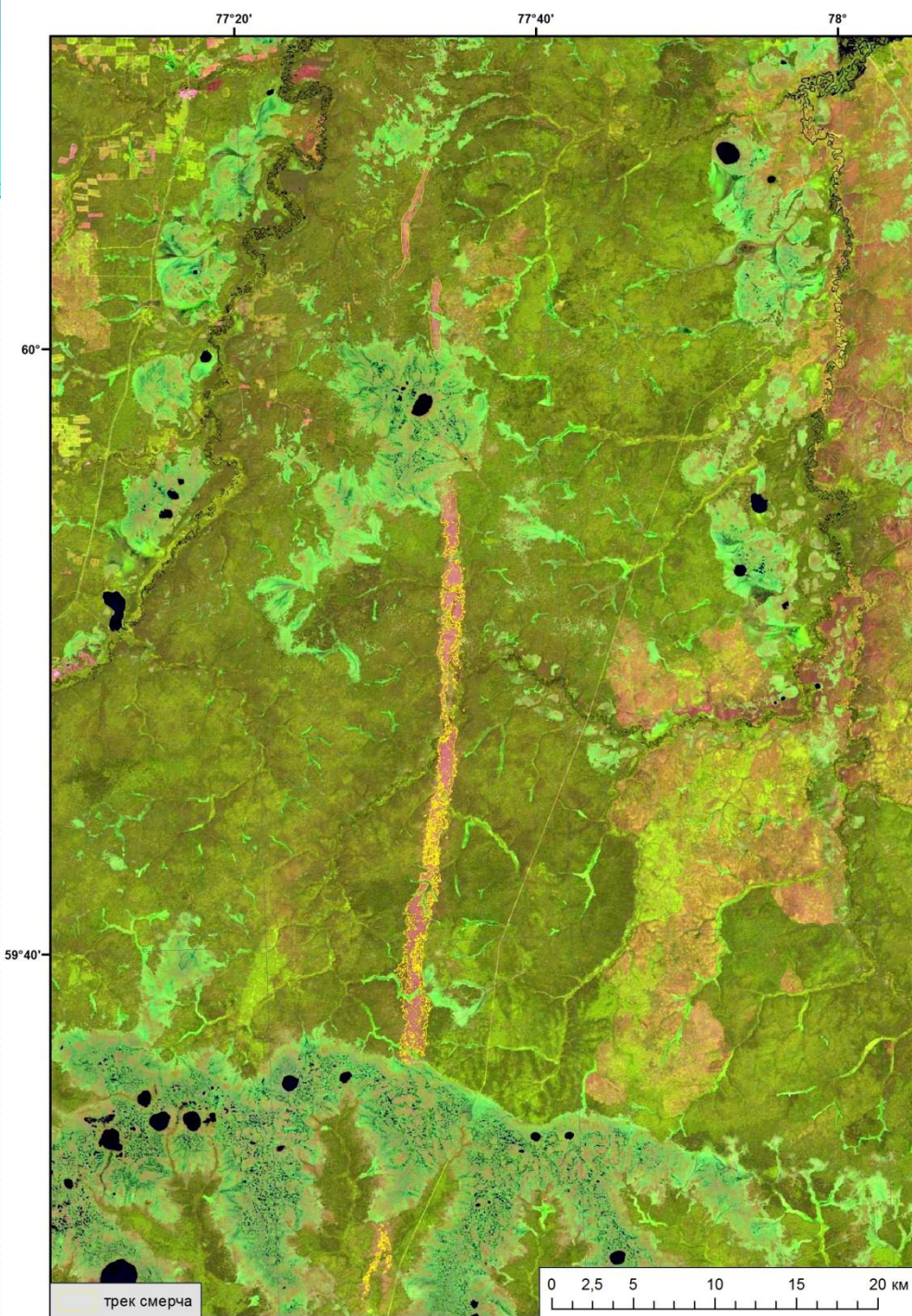
**26.06.2008, смерч в Архангельской области
(макс. ширина 2,2 км)**





**03.06.2009 г., смерч в
Ярославской области
(максимальная ширина
ветровала 700 м)**

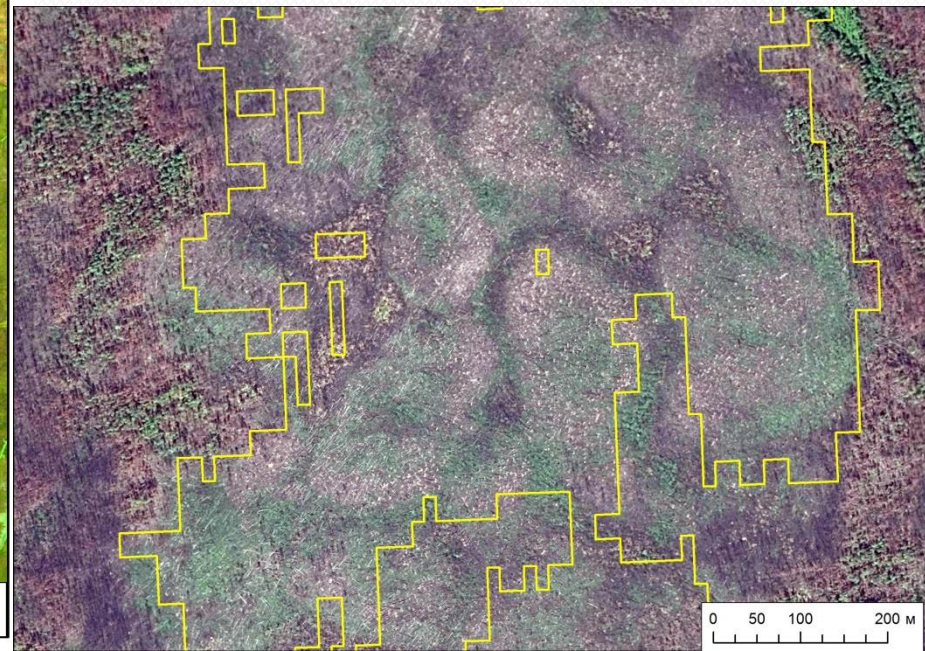




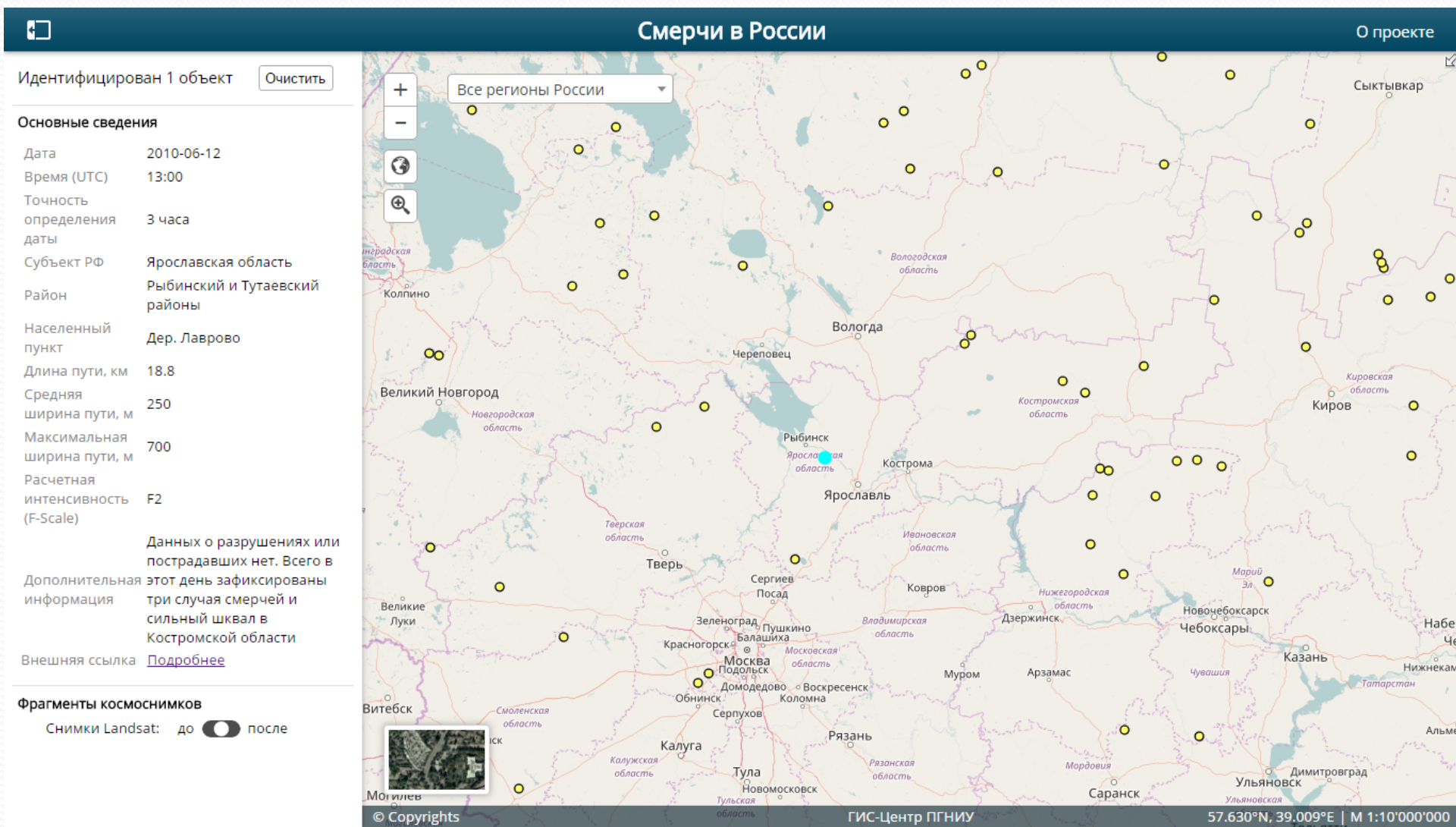
Смерч в Томской области летом 2001 г.:

Длина ветровала – 73 км

Максимальная ширина – 1600 м



Проектируемый веб-картографический сервис «Смерчи в лесной зоне России». Общий вид



Проектируемый веб-картографический сервис «Смерчи в лесной зоне России. Сведения о случаях смерчей»

Смерчи в России

О проекте

даты

Субъект РФ Республика Марий Эл

Район Советский район

Населенный пункт Вблизи пос. Солнечный

Длина пути, км 6.7


Средняя ширина пути, м 120

Максимальная ширина пути, м 290

Расчетная интенсивность (F-Scale) F2

Дополнительная информация Смерч прошел вблизи пос. Солнечный, частично разрушены некоторые строения

Видеоматериалы



0:00 / 1:00

Карты реанализа

[Геопотенциал H500](#)

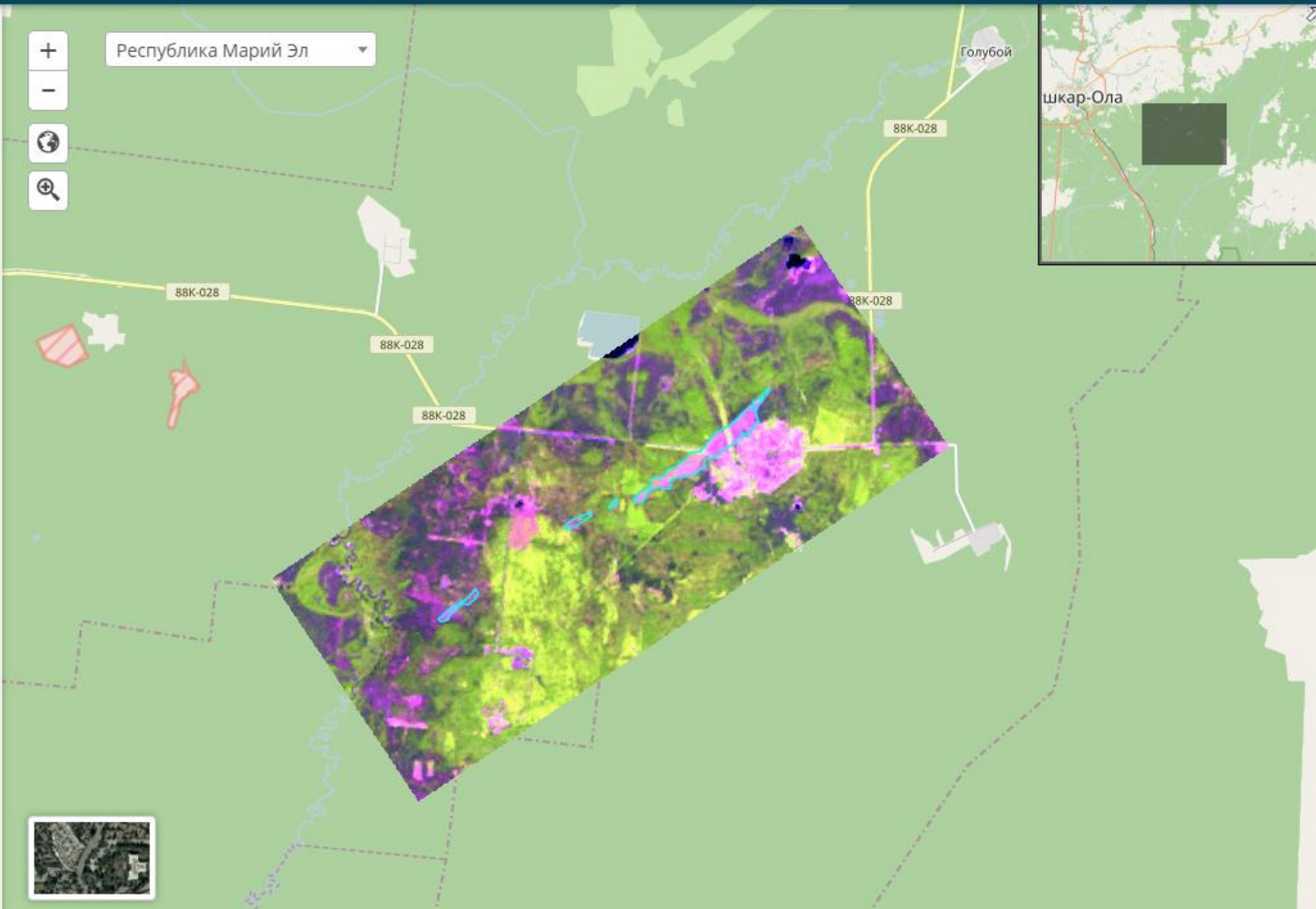
[Индекс смерчеопасности SWEAT](#)

[Температура T850](#)

Фрагменты космоснимков

✓ Снимки Landsat: до после

Республика Марий Эл



Голубой

Шкар-Ола


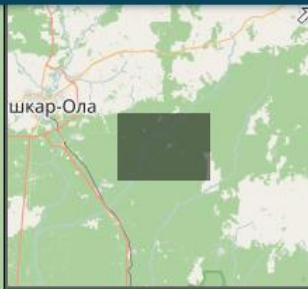
88К-028

88К-028

88К-028

88К-028

88К-028



© Copyrights

ГИС-Центр ПГНИУ

56.554°N, 48.222°E | М 1:150'000

Основные выводы. Перспективы продолжения исследований

- Выявлено **164 случая смерчей** на исследуемой территории в 2001-2015 гг., из них ранее были известны менее 10%.
- Существенно обновлены и дополнены данные о повторяемости смерчей в лесной зоне России, уточнены границы смерчеопасных районов
- Установлена северная граница распространения смерчей, примерно соответствующая 65 с.ш. на ЕТР и до 67 с.ш. в Средней Сибири.
- Впервые на массовом материале получены объективные оценки протяженности и ширины смерчевых треков.
- Адаптирована методика оценки интенсивности смерчей по данным о длине и максимальной ширине трека (Brooks, 2004)



Спасибо за внимание!

*Андрей Шихов, к.г.н.,
Кафедра картографии и геоинформатики
Пермского государственного университета*

*e-mail: and3131@inbox.ru
Web-сайт: <http://accident.perm.ru/>*