

Долгоживущие сильные шквалы в лесной зоне России

Шихов А.Н.^{1,2}, Чернокульский А.В.^{2,3}, Ярынич Ю.И.^{2,4}

¹ Пермский государственный университет, Пермь, Россия

² Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, Москва, Россия

³ Институт географии РАН, Москва, Россия

⁴ Географический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

Исследование выполнено при поддержке РНФ, проект №24-17-00357

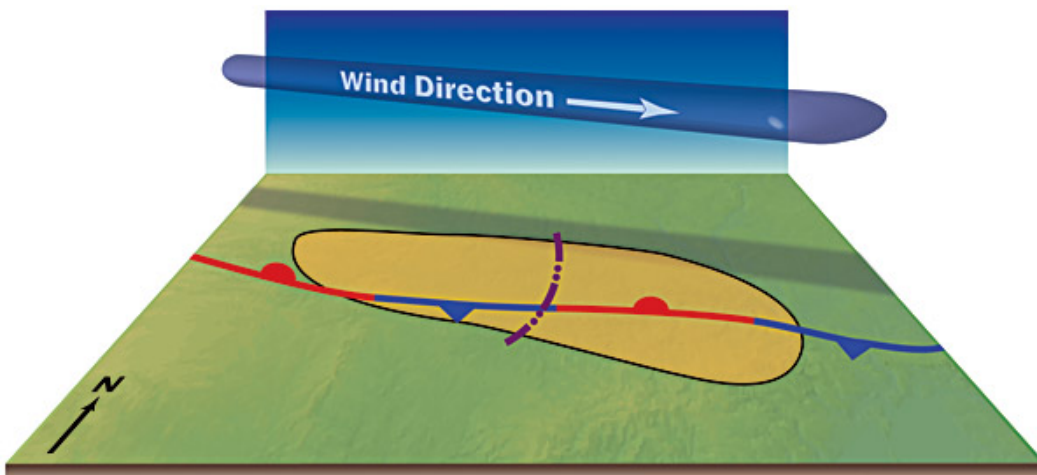
Мотивация

- Сильные долгоживущие шквалы – наиболее опасные конвективные явления, характерные для территории России
- Охватывают значительную территорию (длина пути до 500 км и более, ширина до 50-70 км)
- Вызывают существенные человеческие потери (В XXI веке по России – не менее 87 жертв и 556 пострадавших) – больше, чем от смерчей
- Вызывают катастрофические ветровалы в лесной зоне и ущерб для сельского хозяйства
- Вследствие этого отмечается рост внимания к их изучению
- **Цель исследования** – систематизировать данные о долгоживущих сильных шквалах (в том числе близких к критерию деречо), условиях их возникновения в лесной зоне России и наносимом ущербе

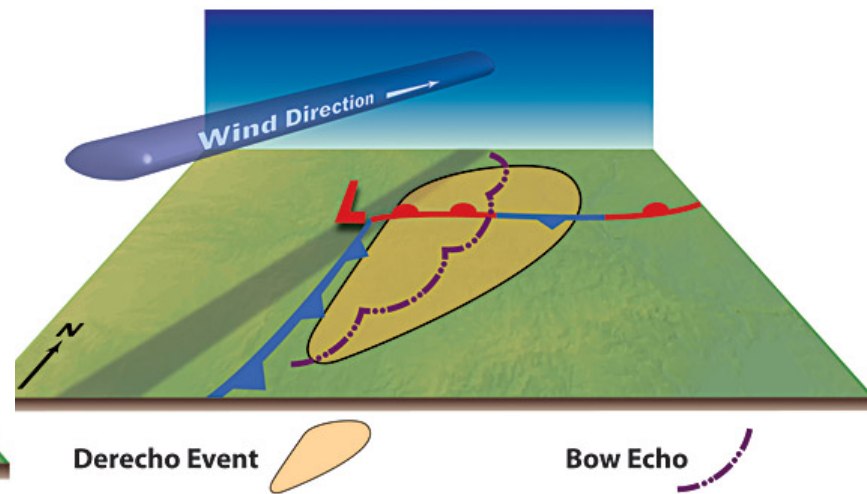
Определение и классификация деречо

- Derecho is a widespread, long-lived, straight-line wind storm that is associated with a fast-moving group of severe thunderstorms known as a mesoscale convective system (Corfidi et al., 2016)
- Критерии деречо: длина полосы разрушений не менее 400 км; порывы ветра ≥ 26 м/с вдоль всего трека; несколько пунктов где отмечен ураганный ветер (≥ 33 м/с) или более, или ущерб от него

Progressive derecho

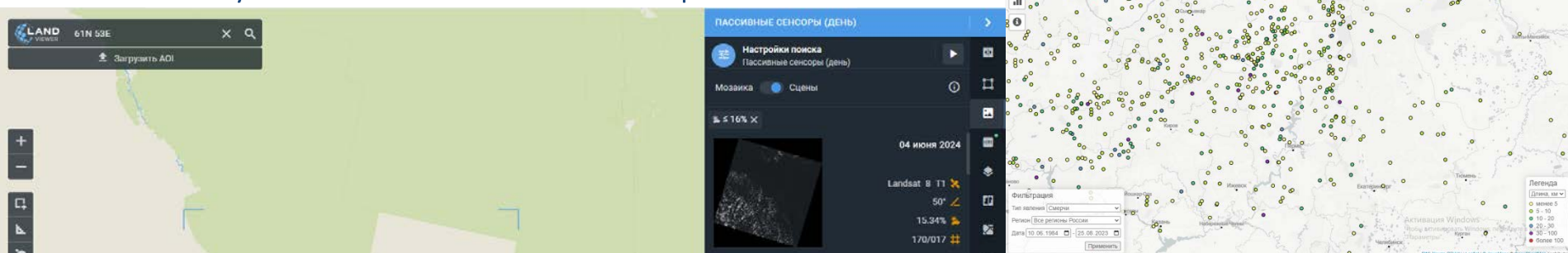


Serial (multi-bow) derecho



Исходные данные

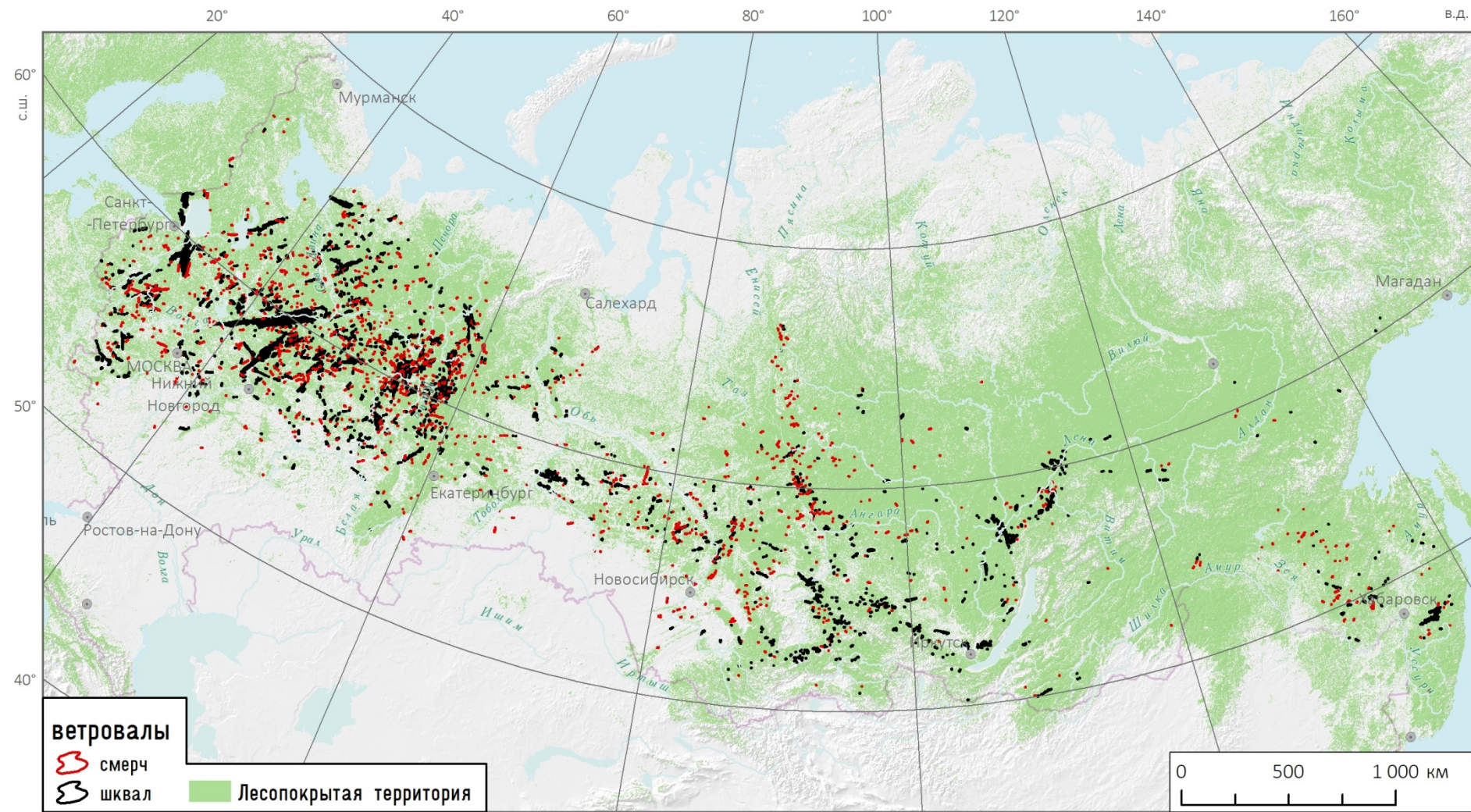
Спутниковые снимки и ветровалы

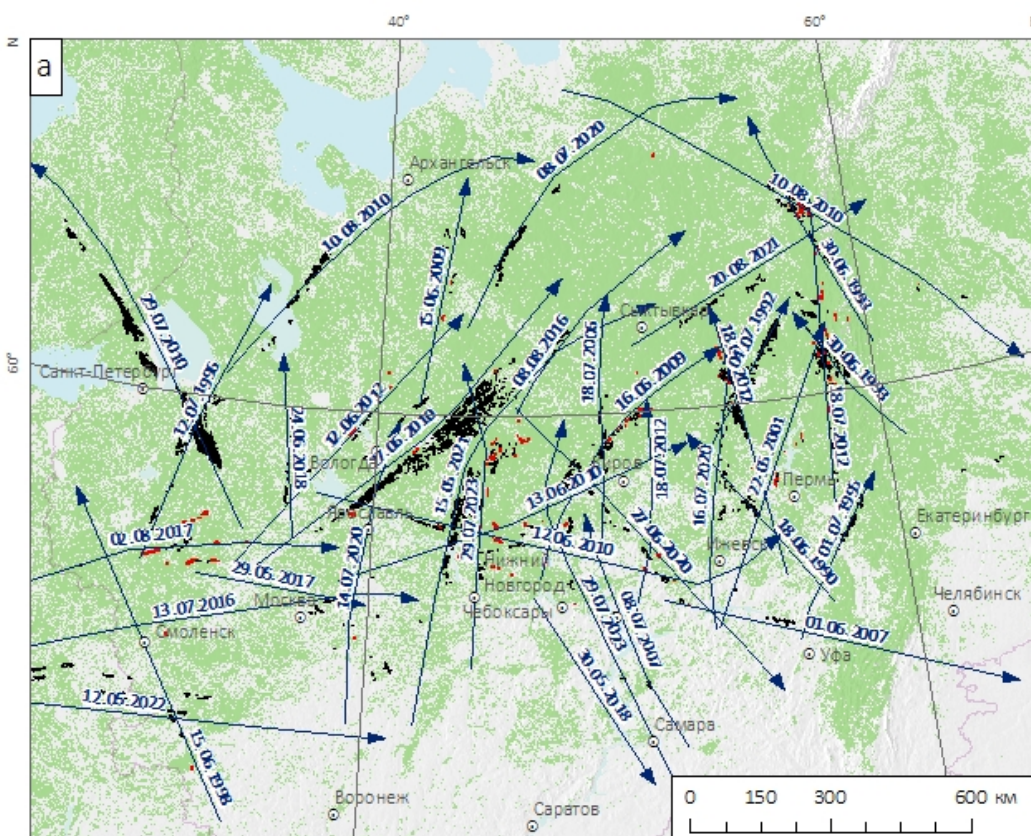


Шкваловые и смерчевые ветровалы в лесной зоне России

Всего 2512 ветровалов, $S = 576,6$ тыс. га

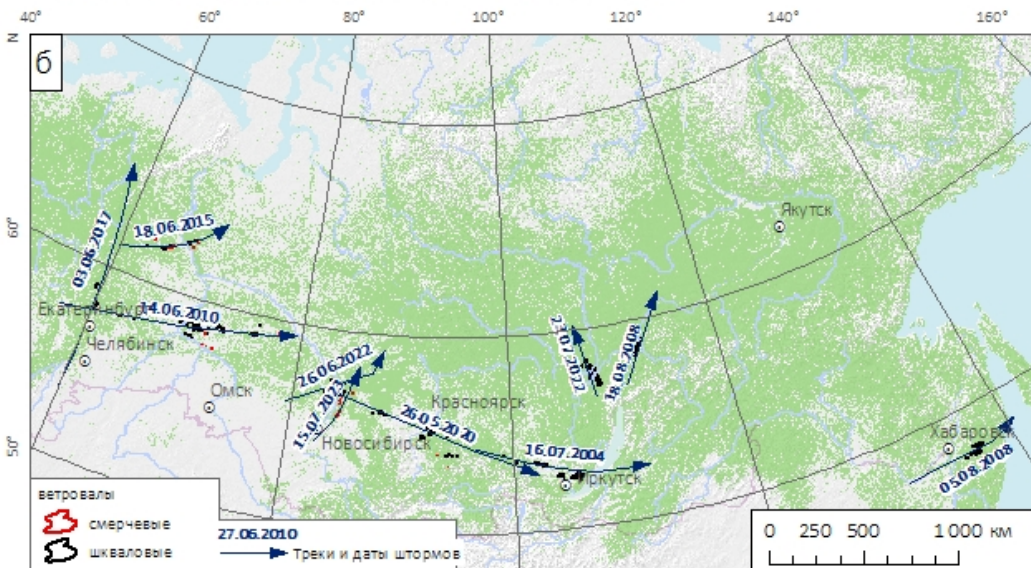
<https://tornado.gispsu.ru/>

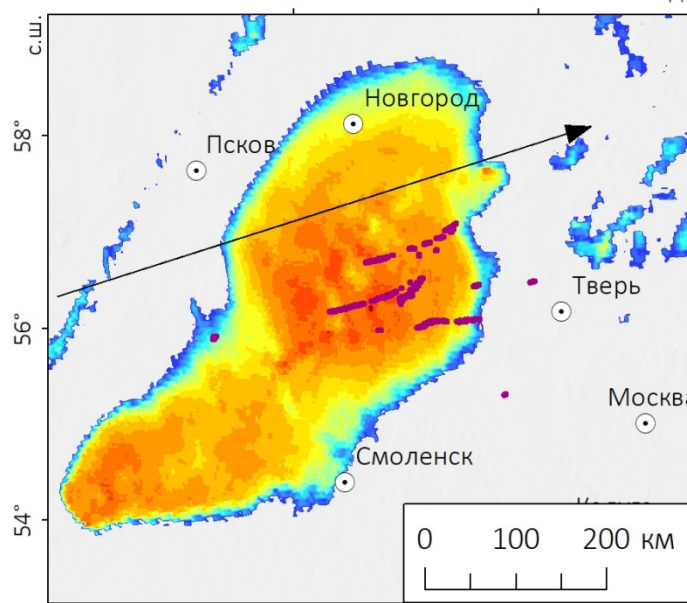
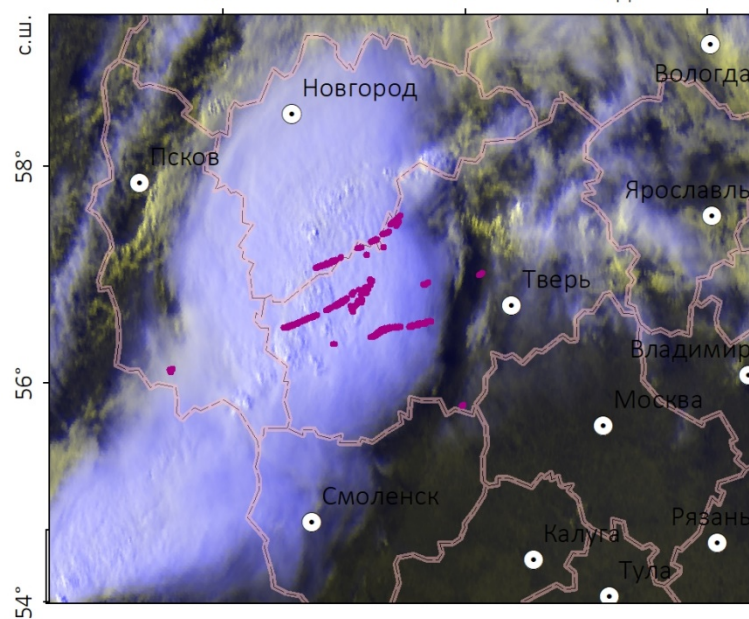
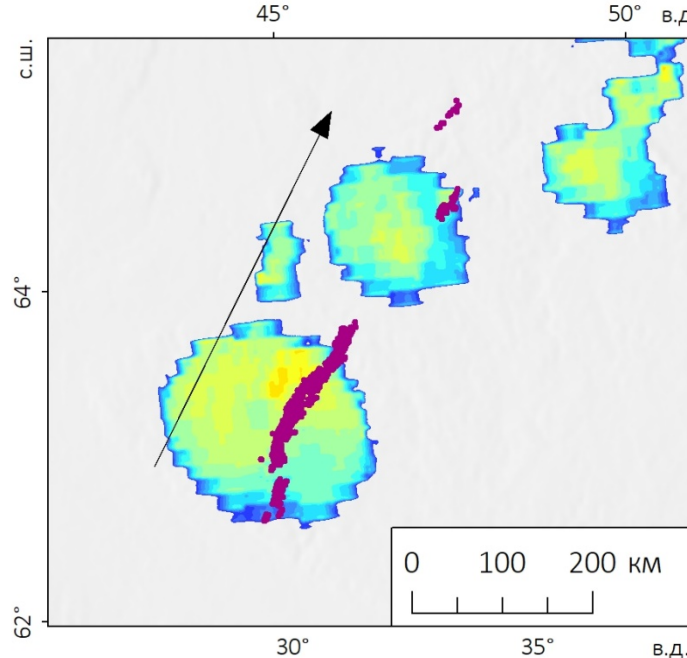
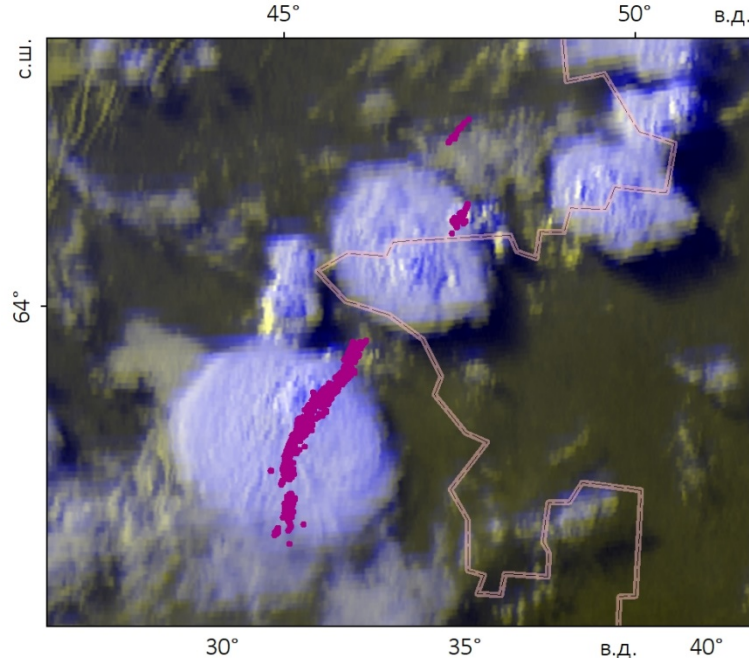




Выборка случаев
долгоживущих штормов
Длина полосы ветровалов
более 100 км

на ЕТР 38 событий (3
трансграничных), 309
ветровалов, $S = 258,1$ тыс. га
в Сибири 10 событий, 87
ветровалов, $S = 62,42$ тыс. га





Типы штормов:

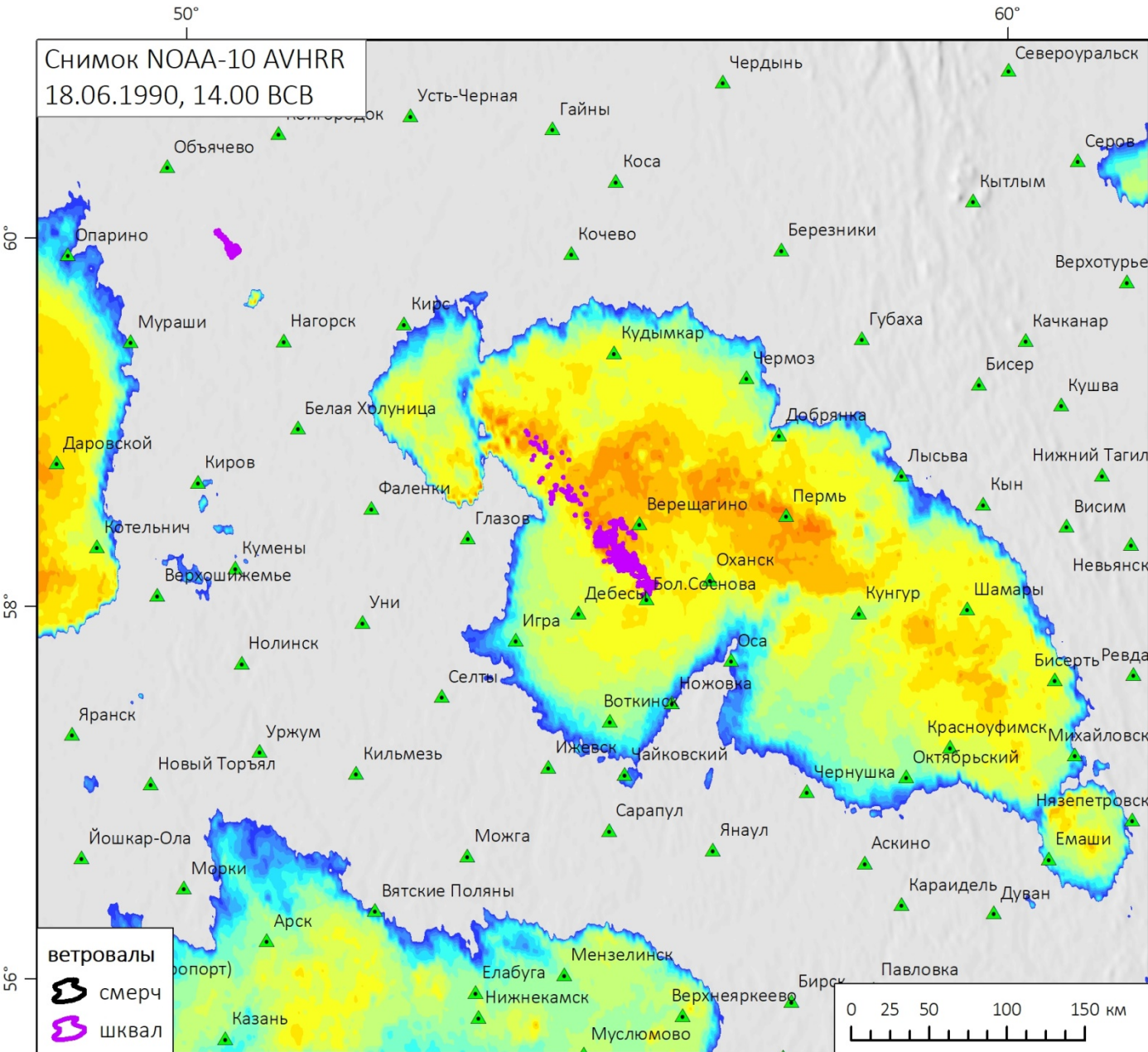
1 – one-bow (progressive derecho), суперячейка

2 – QLCS (multi-bow, serial derecho)
линия шквалов

Температура ВГО, °C



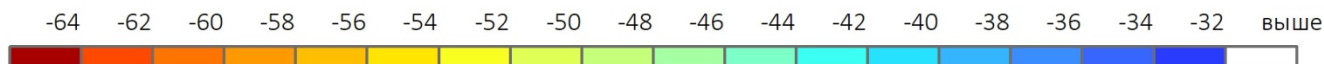
Снимок NOAA-10 AVHRR
18.06.1990, 14.00 BCV

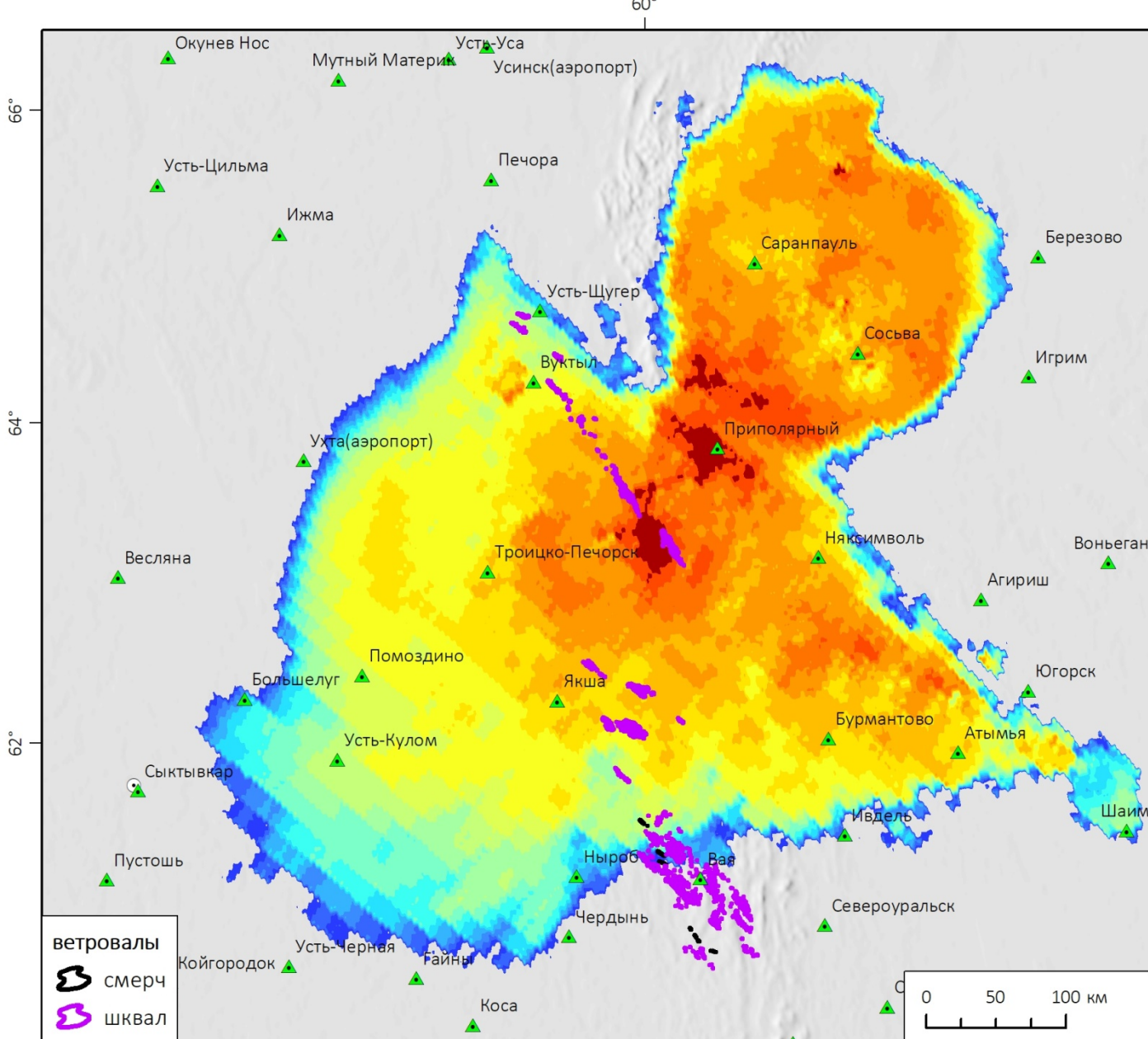


Исторические
снимки
конвективных
штормов,
вызвавших
долгоживущие
шквалы
со спутников
NOAA (сенсор
AVHRR)

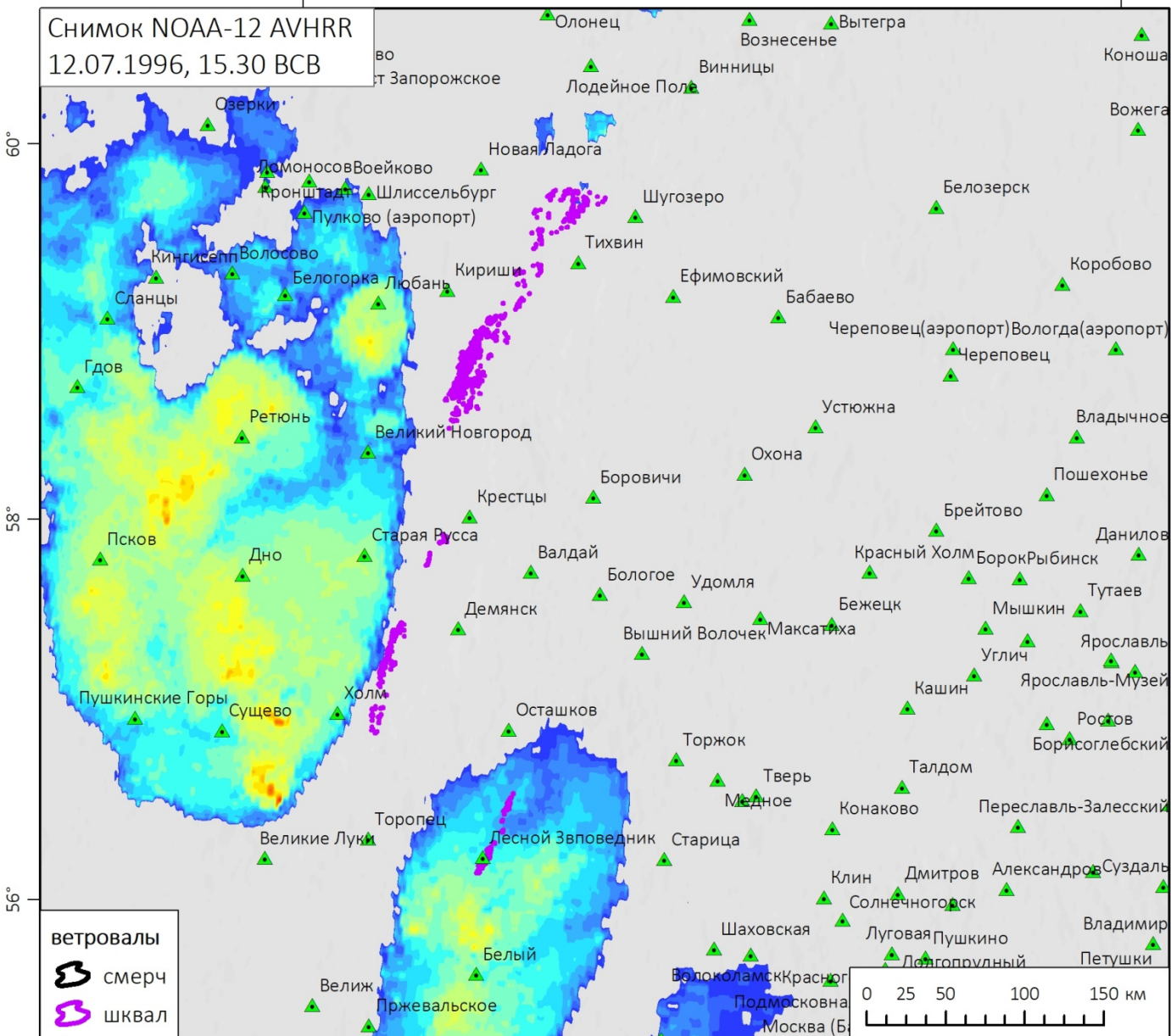
18.06.1990,
Пермский край

Температура ВГО, С





Снимок NOAA-12 AVHRR
12.07.1996, 15.30 ВСВ



Исторические
снимки
конвективных
штормов,
вызвавших
долгоживущие
шквалы
со спутников
NOAA (сенсор
AVHRR)

12.07.1996,
Новгородская
область

Температура ВГО, С



Характеристики ветровалов

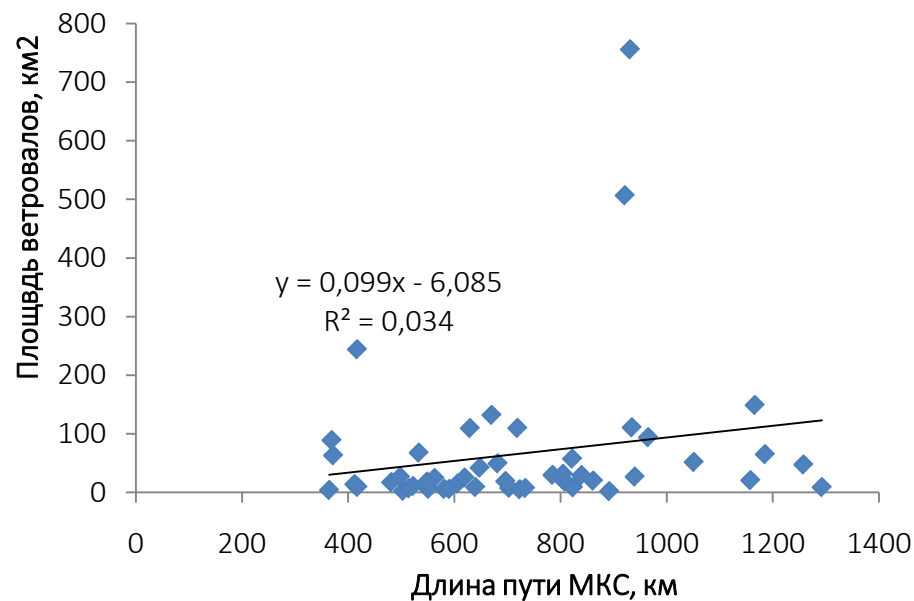
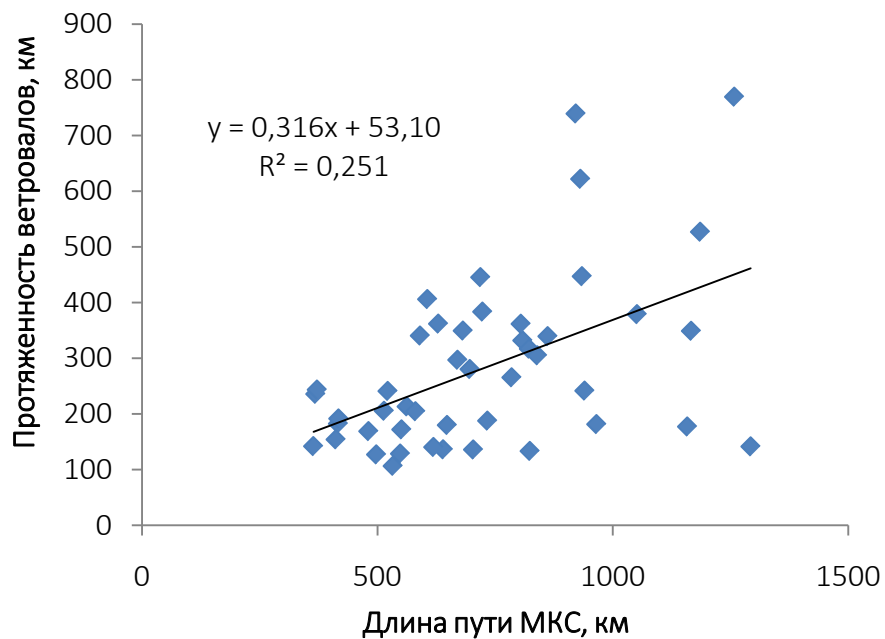
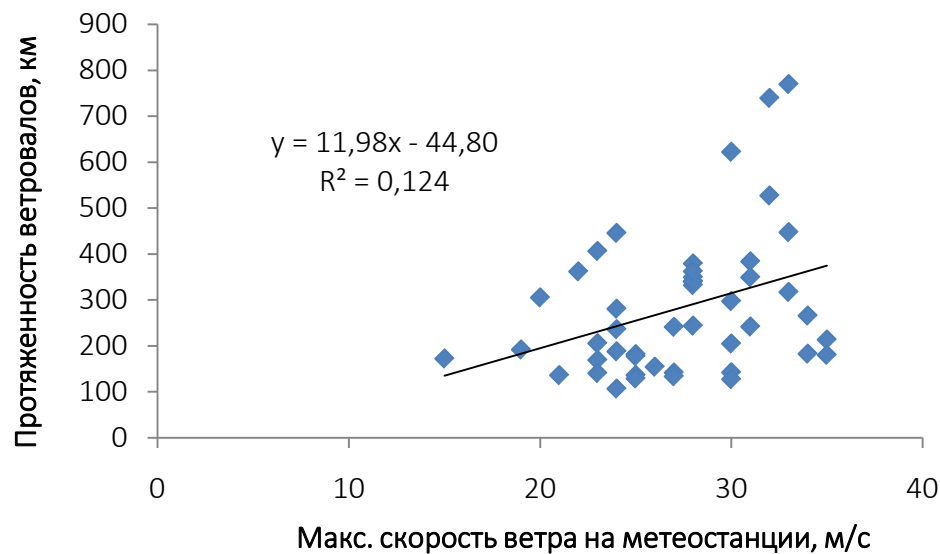
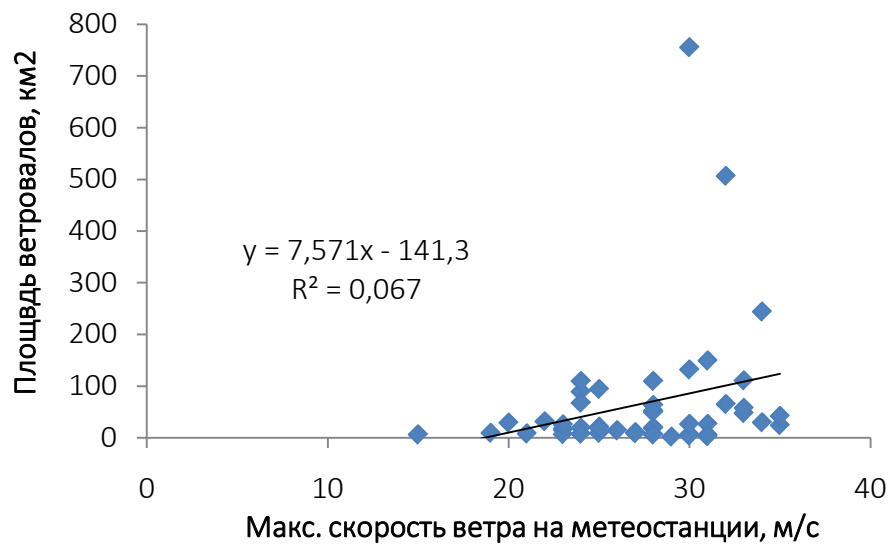
(выделены случаи, соответствующие критерию деречо)

Дата	<u>Общая площадь ветровалов, км2</u>	<u>Число шкваловых ветровалов</u>	<u>Число смерчевых ветровалов</u>	<u>Общая протяженность, км</u>
29.07.2010	<u>755.48</u>	<u>0</u>	<u>4</u>	<u>622</u>
27.06.2010	<u>506.52</u>	<u>2</u>	<u>7</u>	<u>739.3</u>
23.07.2022	243.9	0	1	182.6
15.05.2021	148.9	1	6	349.1
16.06.2009	131.97	10	11	297.1
16.07.2004	<u>110.81</u>	<u>0</u>	<u>7</u>	<u>447.2</u>
18.07.2012	<u>109.68</u>	<u>18</u>	<u>14</u>	<u>445.5</u>
18.07.2012	109.52	27	13	362
07.06.2009	68.198	5	2	108.9
18.08.2008	67.6547	0	1	106.6
26.05.2020	65	5	12	527
04.07.1992	63.04	0	2	243.6
08.07.2020	57.4	1	3	317
12.06.2010	51.7	9	7	379
12.07.1996	49.42	0	3	349.5
<u>14.06.2010</u>	<u>47.4</u>	<u>5</u>	<u>11</u>	<u>769.5</u>
<u>01.06.2007</u>	<u>29.7</u>	<u>3</u>	<u>0</u>	<u>265,6</u>

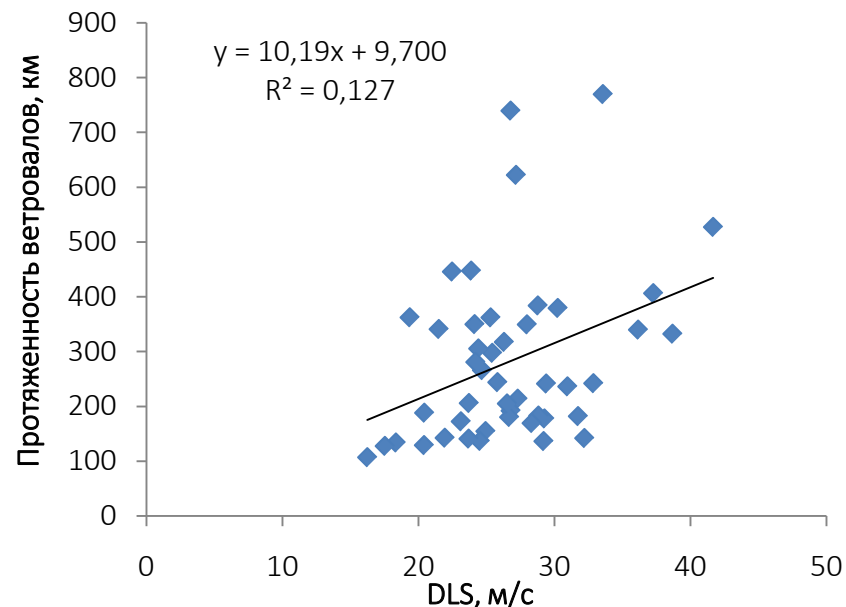
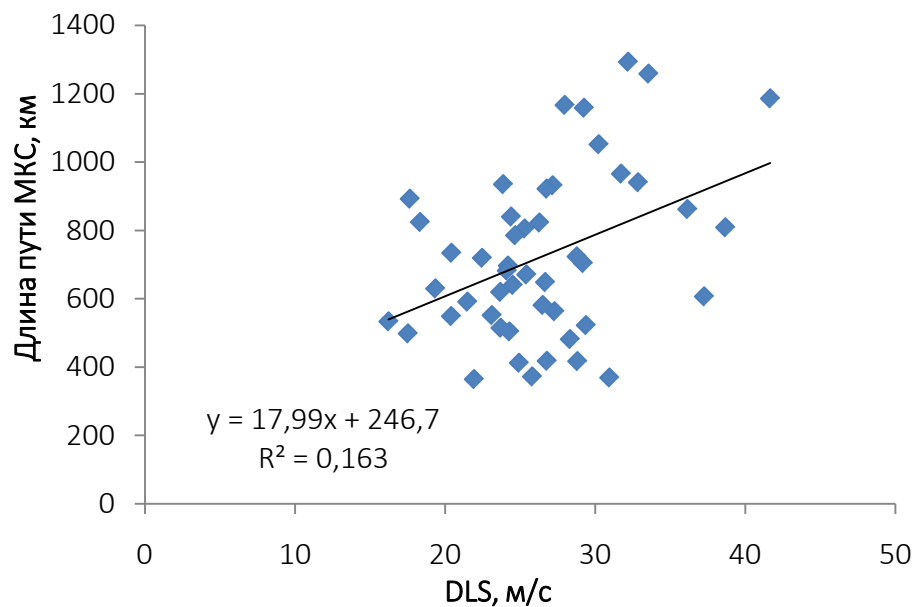
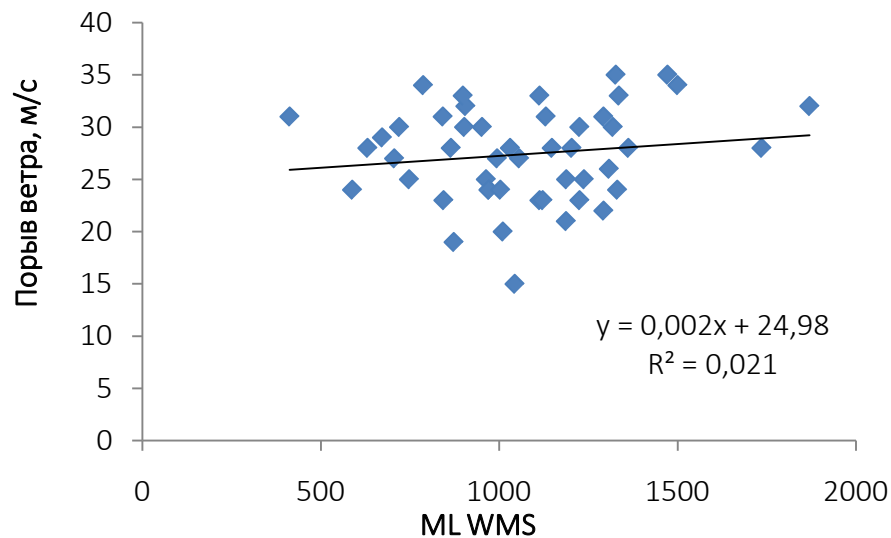
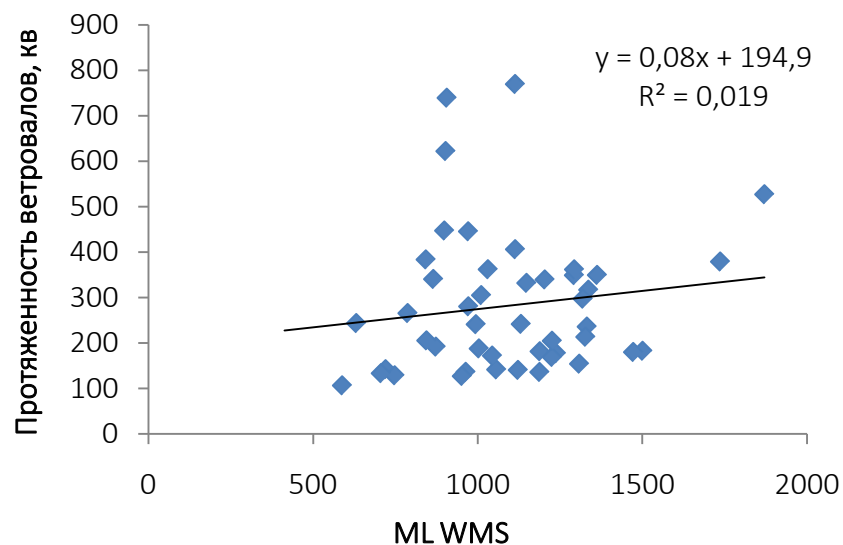
Некоторые характеристики ущерба

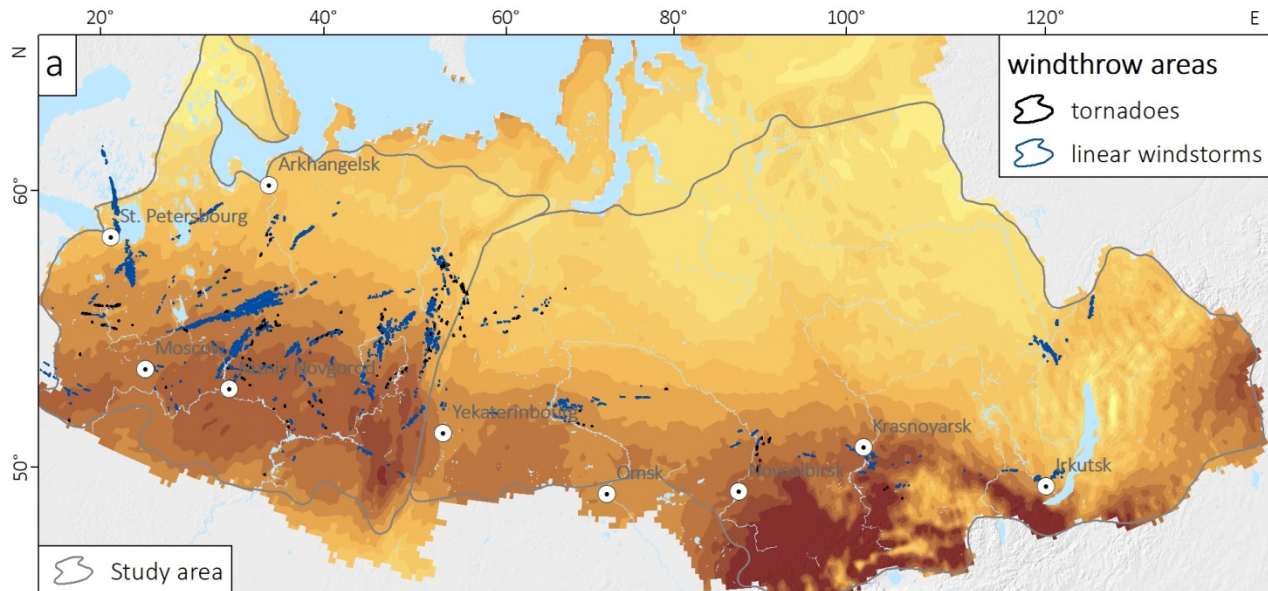
Дата	Регион	Число сообщений об ущербе в ESWD	Число поврежден- ных зданий	Число обесточенных потребителей, тыс.	Оценка экономическог о ущерба, млн. долл.
22.05.2001	Пермский край	9			1.89
16.07.2004	Иркутская область	0		170	34.4
<u>01.06.2007</u>	<u>Башкортостан, г. Бирск</u>	<u>5</u>	<u>9100</u>		17.4
<u>08.07.2007</u>	<u>г. Казань</u>		<u>2960</u>		38.86
<u>13.06.2010</u>	<u>ЦФО, Нижегородская область</u>	<u>28</u>		<u>330</u>	
14.06.2010	Тобольск	4	238		1.59
27.06.2010	Ярославская, Вологодская области	11			3.12
29.07.2010	СЗФО, Финляндия	27			<u>92.78</u>
18.07.2012	Коми-Пермяцкий АО	2	150	168	
18.07.2012	восток Пермского края	1	80	40	1
29.05.2017	Москва	169	240	44	
03.06.2017	Нижний Тагил	140	223	100	8.62
30.05.2018	Приволжский ФО	22		285	
26.05.2020	Кемеровская область	63	147		
14.07.2020	Рязанская область	34	28	60	
<u>15.05.2021</u>	<u>Ивановская, Костромская области</u>	<u>298</u>	<u>440</u>	<u>86</u>	
12.05.2022	Беларусь, Брянская и Калужская области	155	636		
29.07.2023	Приволжский ФО	194		86	

Некоторые зависимости между характеристиками штормов и ущерба

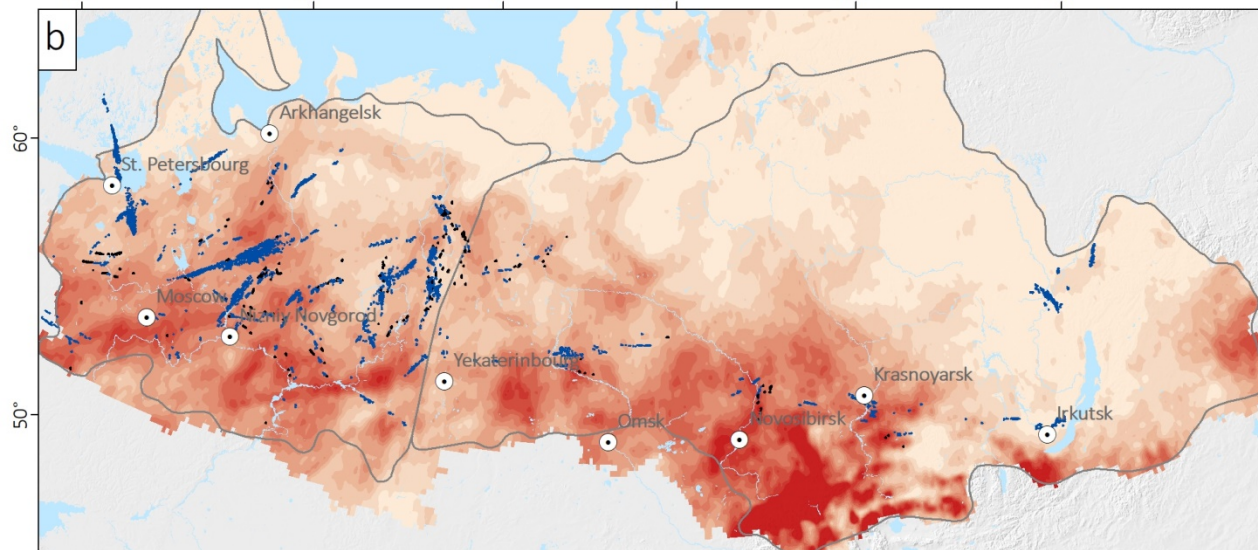
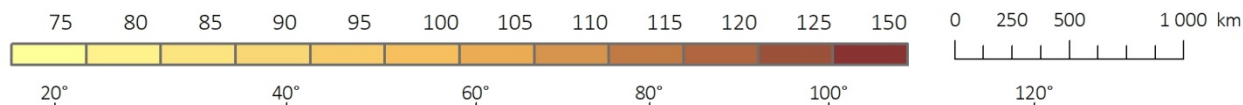


Некоторые зависимости (или их отсутствие) между характеристиками штормов и конвективными параметрами

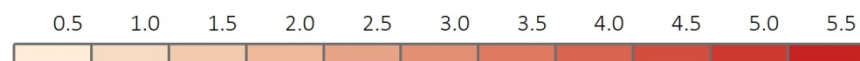




Mean ML WMAXSHEAR values in summer

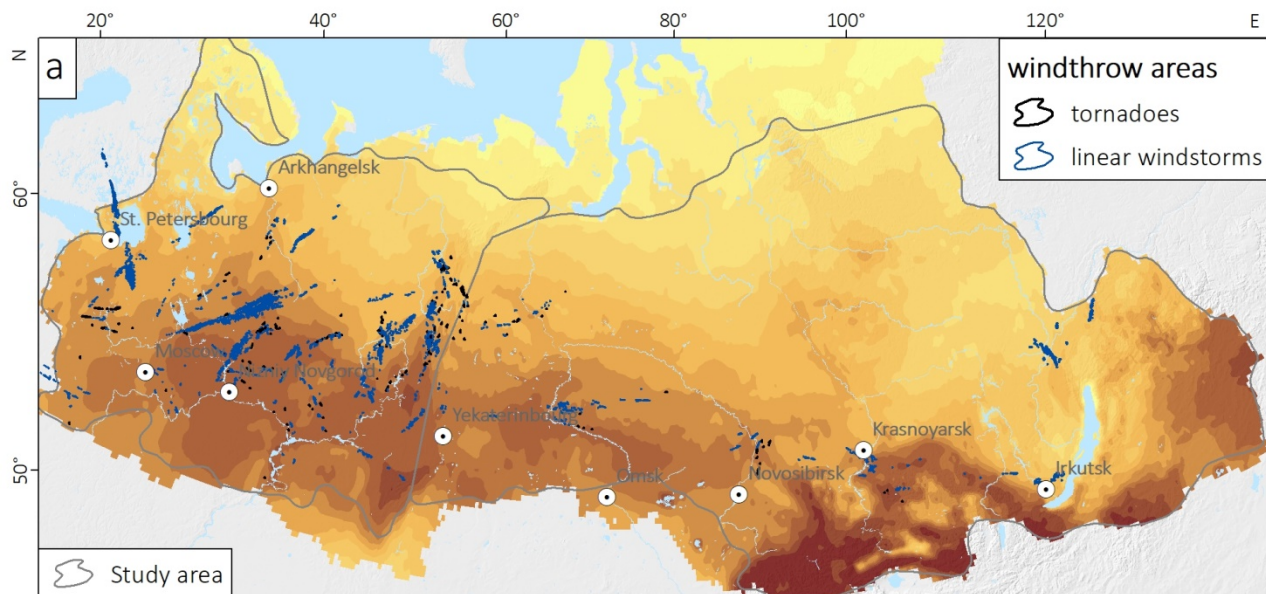


Frequency of over critical ML WMAXSHEAR values in summer, hours

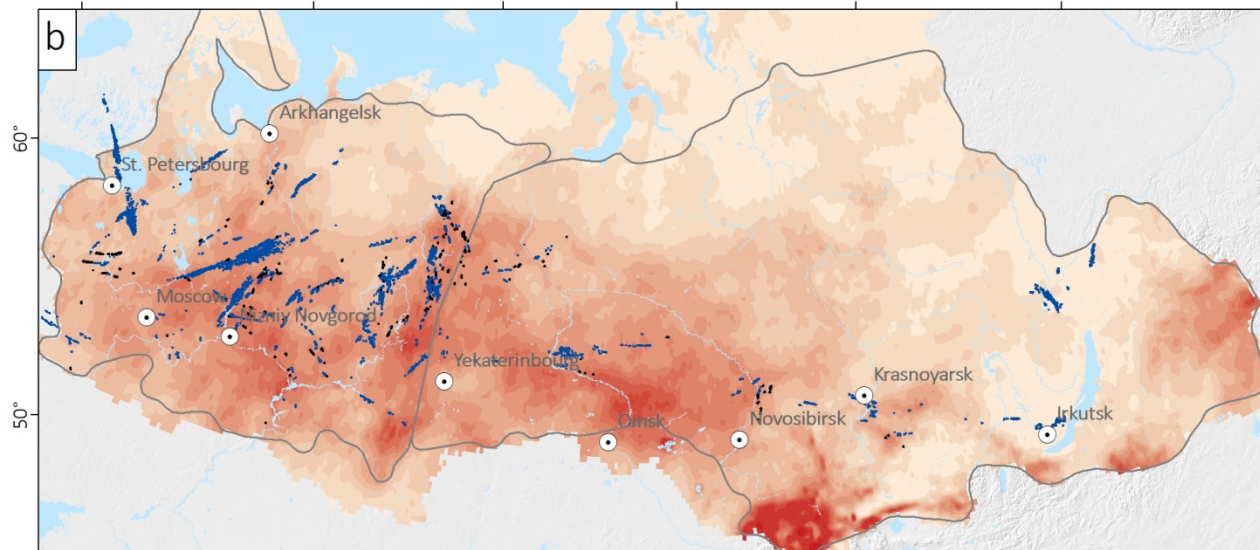
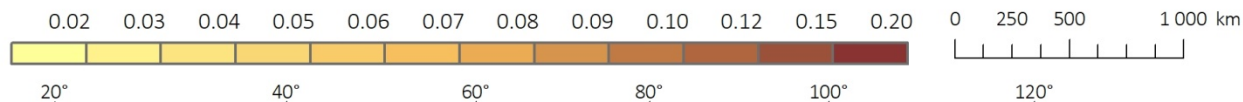


Пространственное
распределение
конвективного
параметра ML
WMAXSHEAR и
долгоживущих
шквалов в лесной
зоне России:

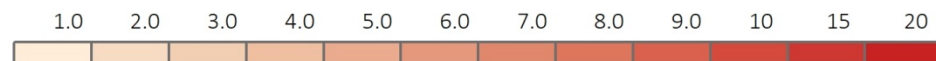
а) – осредненное
значение за летний
период в 2001-2020
гг.,
б) – число дней со
значениями выше
критического уровня



Mean SCP values in summer



Frequency of over critical SCP values in summer, hours



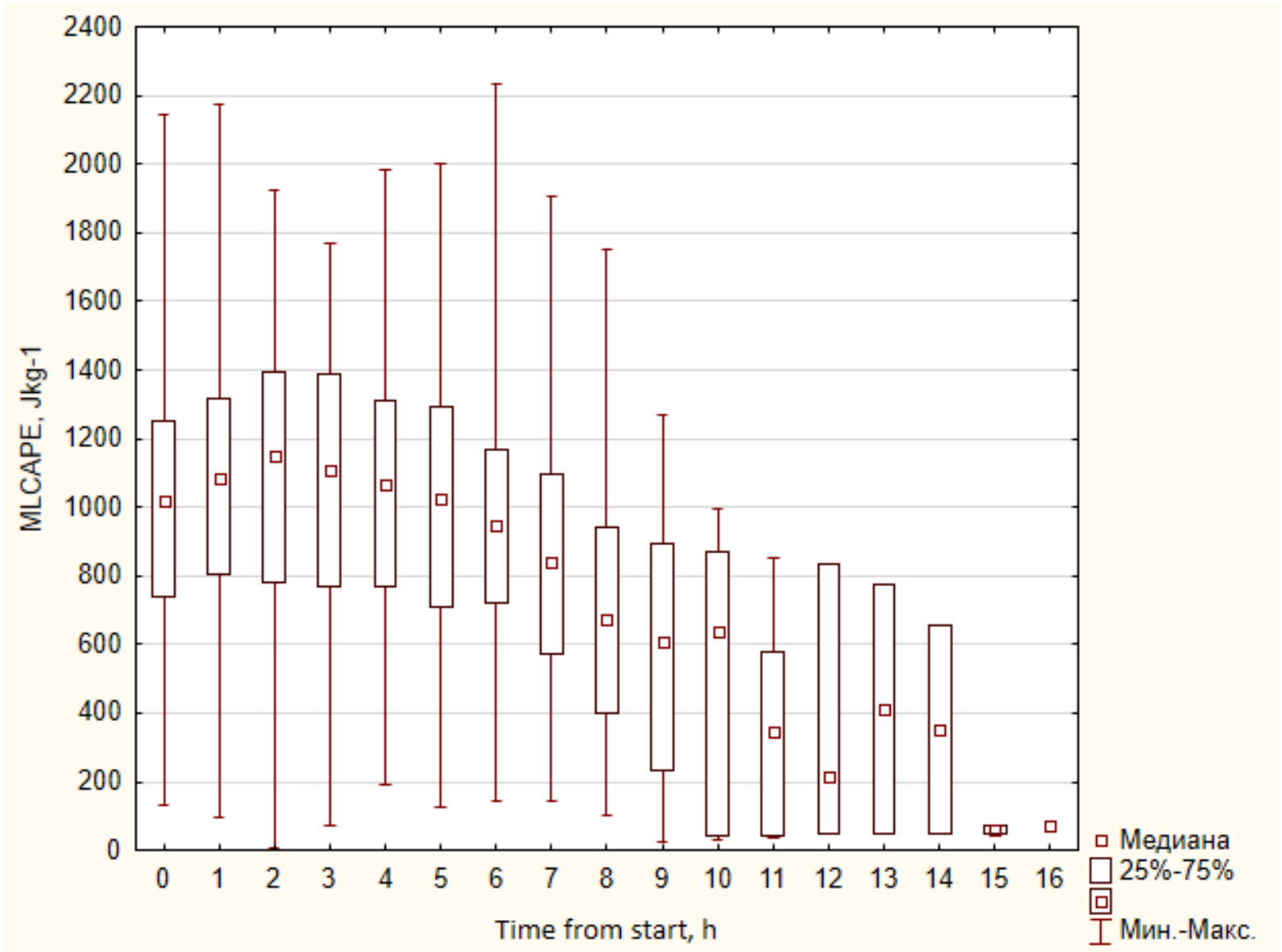
Пространственное
распределение
конвективного
параметра SCP и
долгоживущих
шквалов в лесной
зоне России:

а) – осредненное
значение за летний
период в 2001-2020
гг.,

б) – число дней со
значениями выше
критического уровня

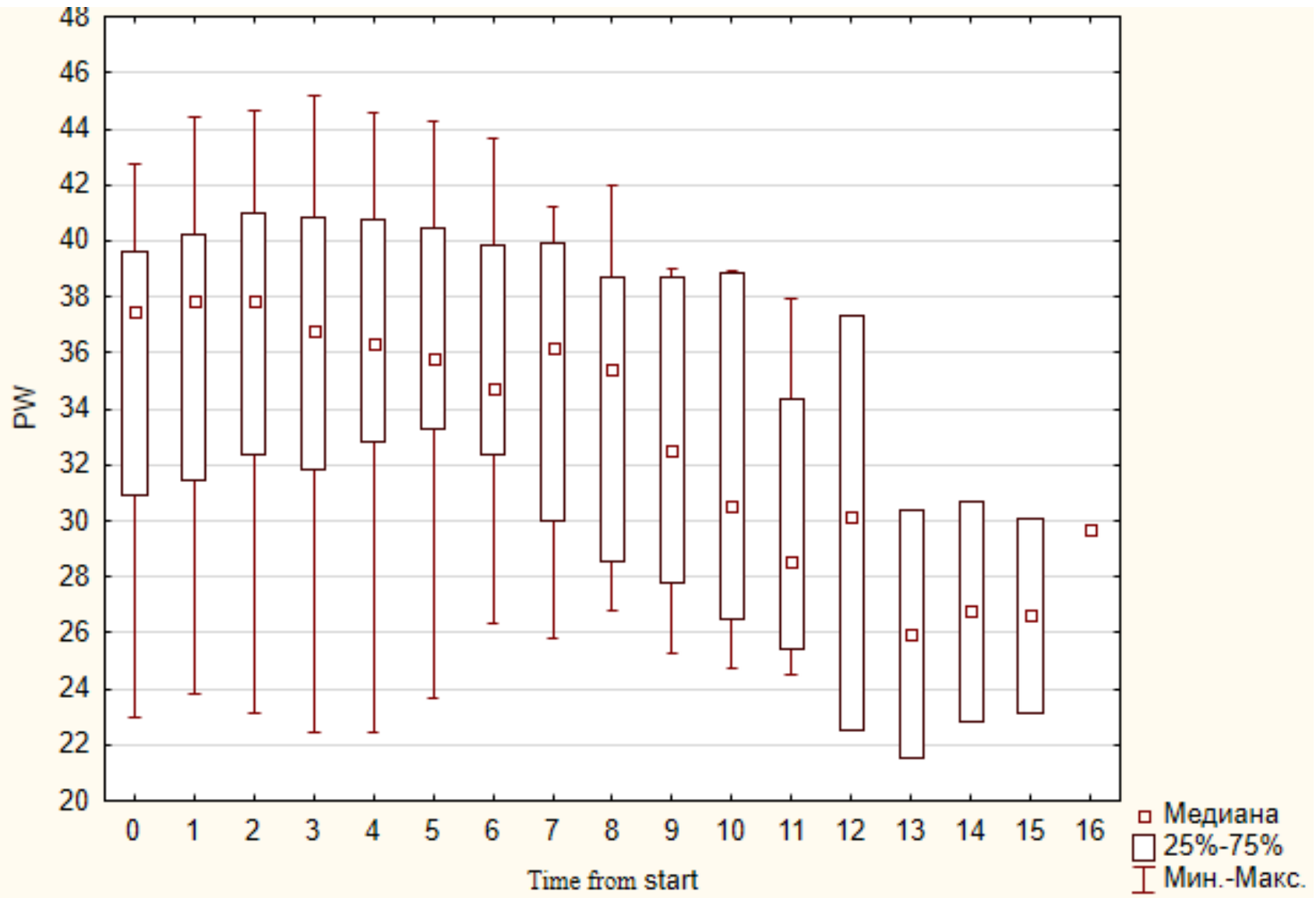
Конвективные параметры – динамика во времени

ML CAPE



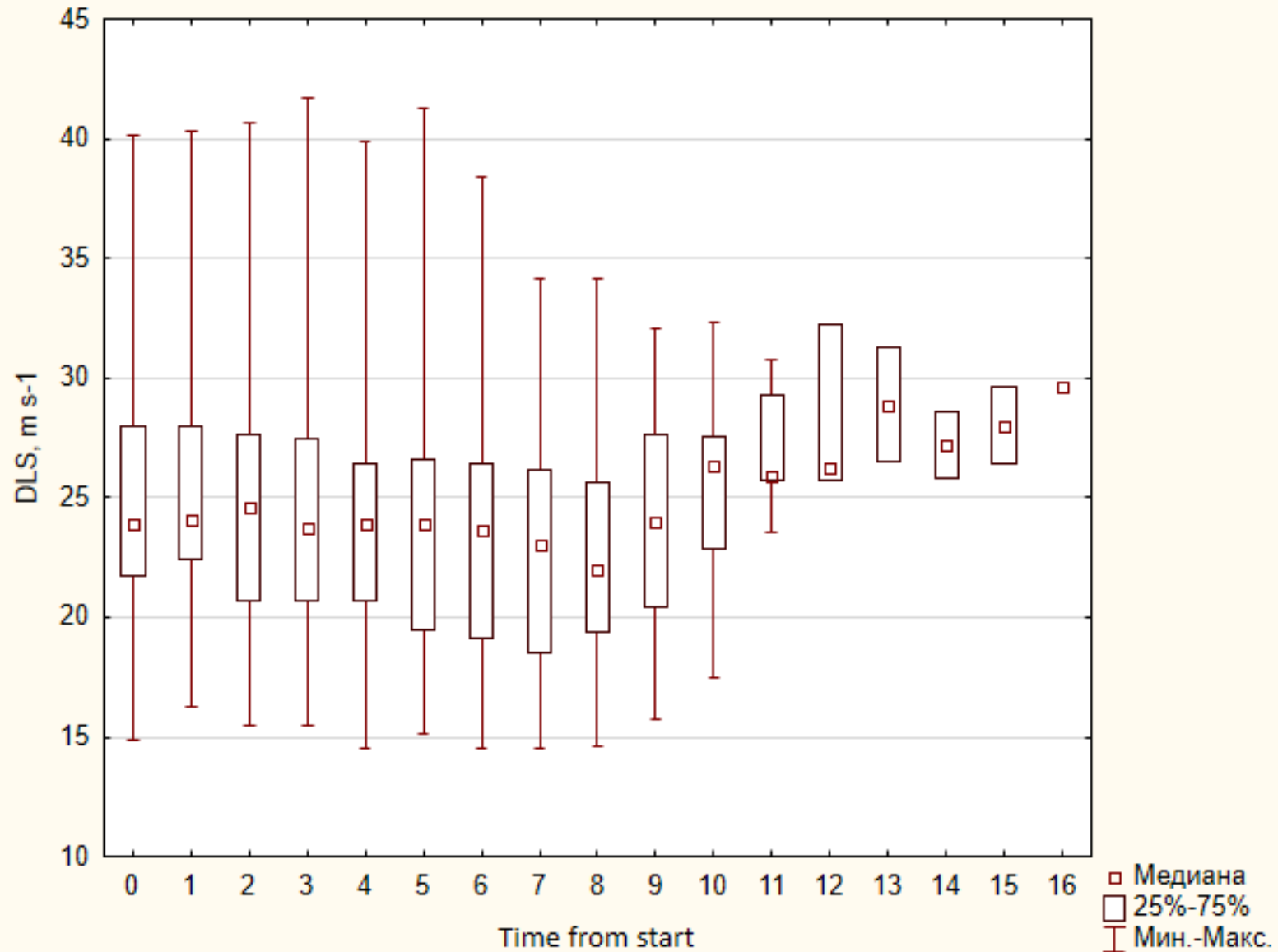
Конвективные параметры – динамика во времени

Общее влагосодержание (PW)



Конвективные параметры – динамика во времени

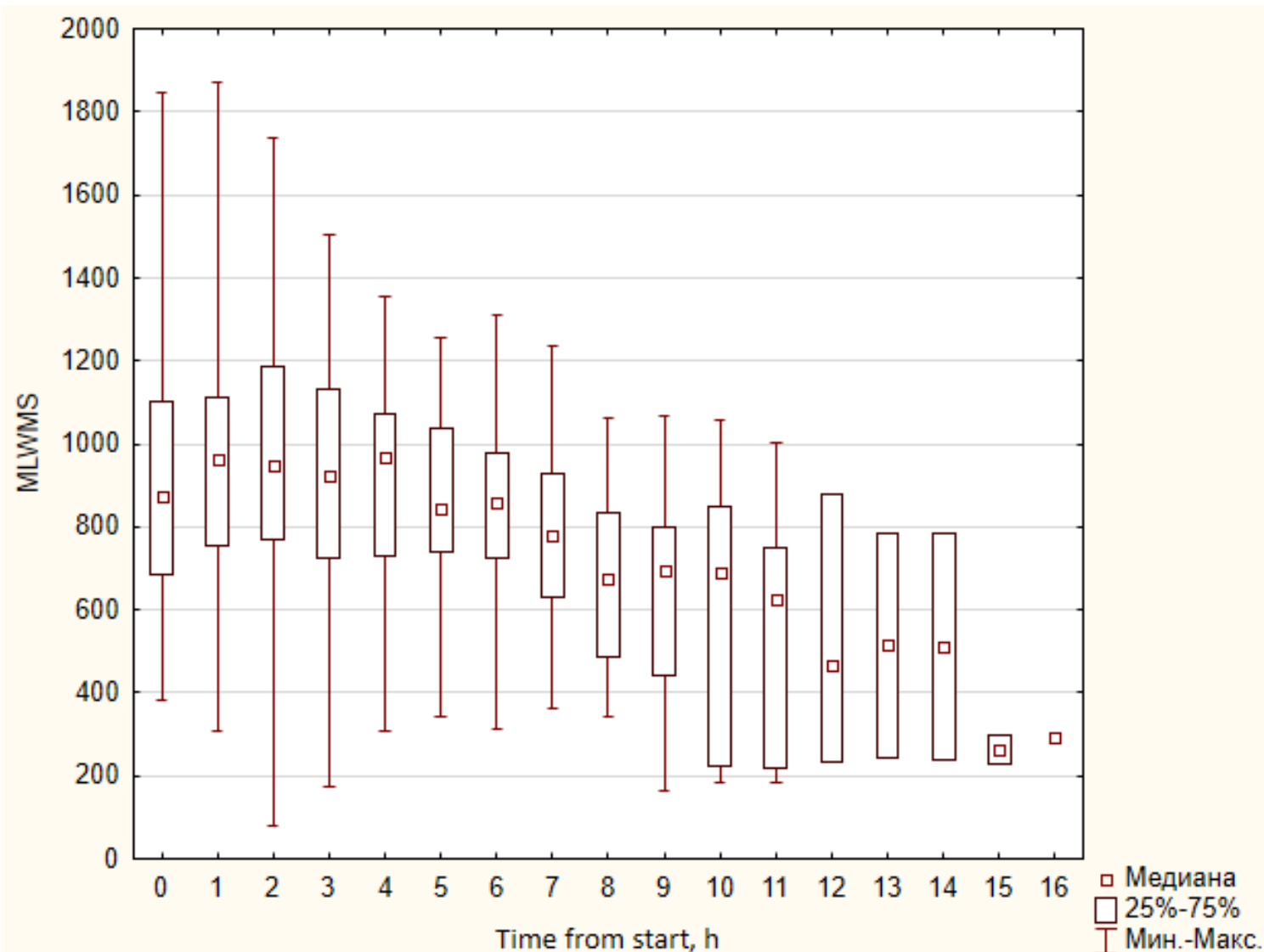
Сдвиг ветра в слое 0-6 км (DLS)



Конвективные параметры – динамика во времени

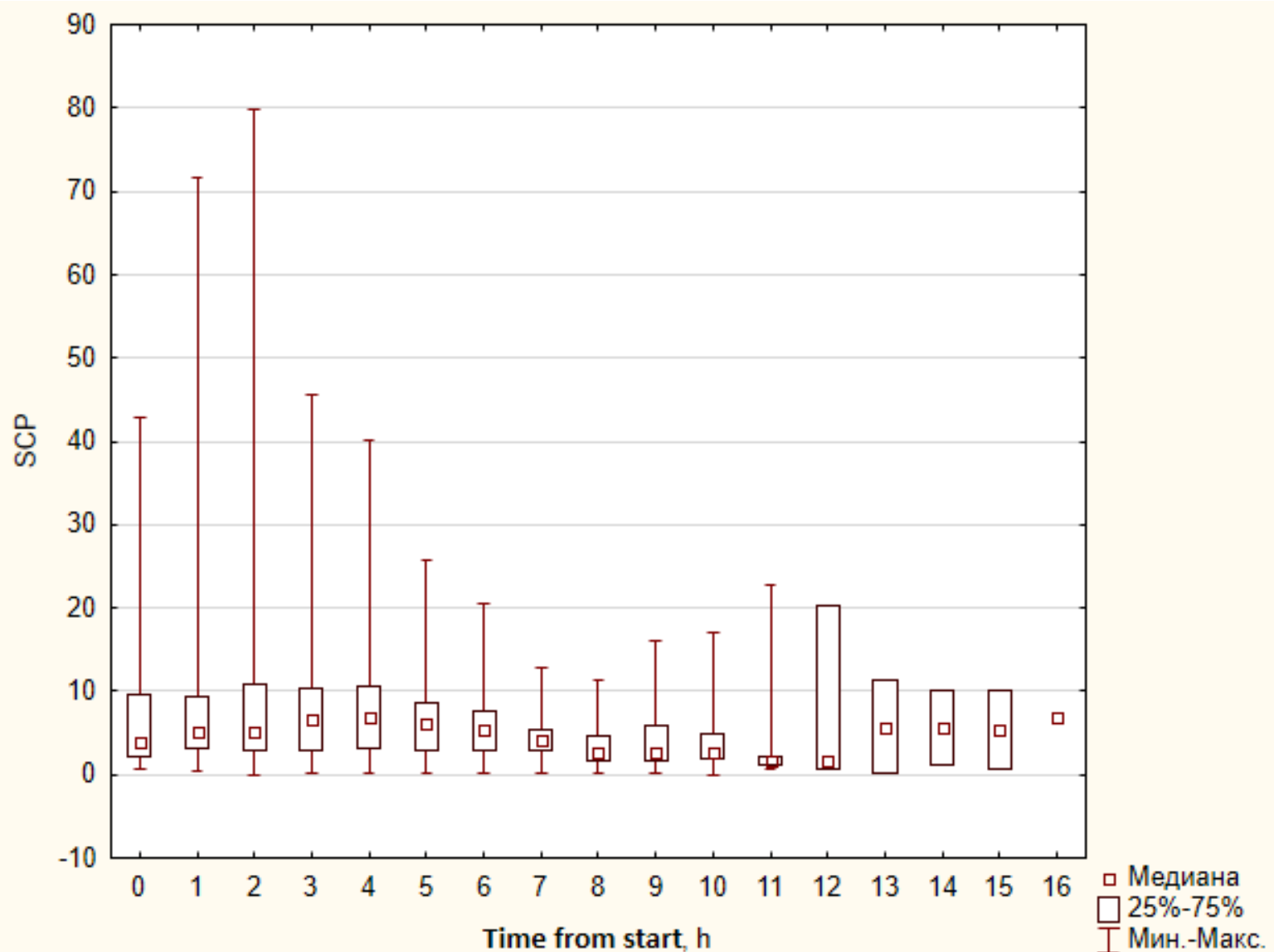
компози́тный параметр ML WMAXSHEAR

(CAPE и сдвиг ветра в слое 0-6 км)



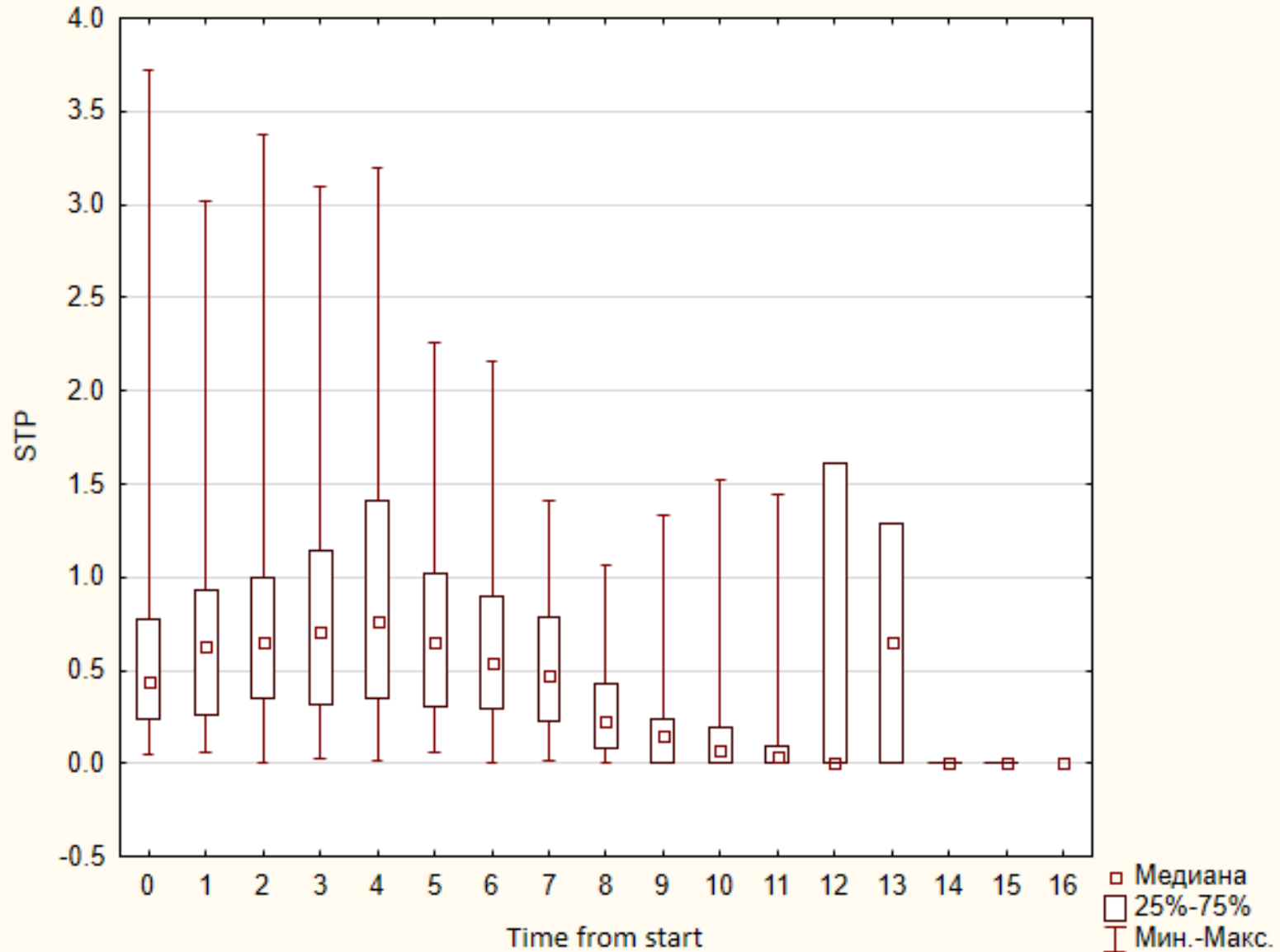
Конвективные параметры – динамика во времени

Композитный параметр суперячеек SCP



Конвективные параметры – динамика во времени

параметр значительного торнадо STP



Заключение

- Сформирована выборка случаев долгоживущих сильных шквалов в лесной зоне России (для ЕТР с 1986 г., для Сибири с 2001 г.) – **48 случаев**
- Шесть случаев предварительно соответствуют критерию деречо
- Большинство случаев связано с движениям МКК или суперячеек вдоль фронта, с одной выраженной полосой разрушений (progressive storm).
- На ЕТР случаи долгоживущих штормов в основном отмечались севернее максимальной повторяемости закритических значений ML WMS, в Сибири – в ее пределах (за исключением гор).
- Длина пути МКС и протяженность ветровалов значимо коррелирует с DLS, а площадь ветровалов - с ML CAPE и композитными параметрами
- CAPE и ML WMS достигают максимума на 2-3 ч после формирования конвективного шторма
- Наивысшие значения конвективных параметров отмечались 26.05.2020 г. в Сибири (Кемеровская область).



Спасибо за внимание

Андрей Шихов, д.г.н,
Пермский государственный университет
e-mail: and3131@inbox.ru
URL: <http://accident.perm.ru/>
https://t.me/weather_GIS_psu