

# Анализ характеристик мезомасштабных конвективных систем, вызывающих шквалы и смерчи на Европейской территории России

*Шихов А.Н. (1), Чернокульский А.В. (2), Спрыгин А.А. (3), Ажигов И.О. (1)*

*(1) Пермский государственный национально-исследовательский университет, Пермь, Россия*

*(2) Институт физики атмосферы имени А. М. Обухова РАН, Москва, Россия*

*(3) Научно-производственное объединение "Тайфун", Долгопрудный, Россия*

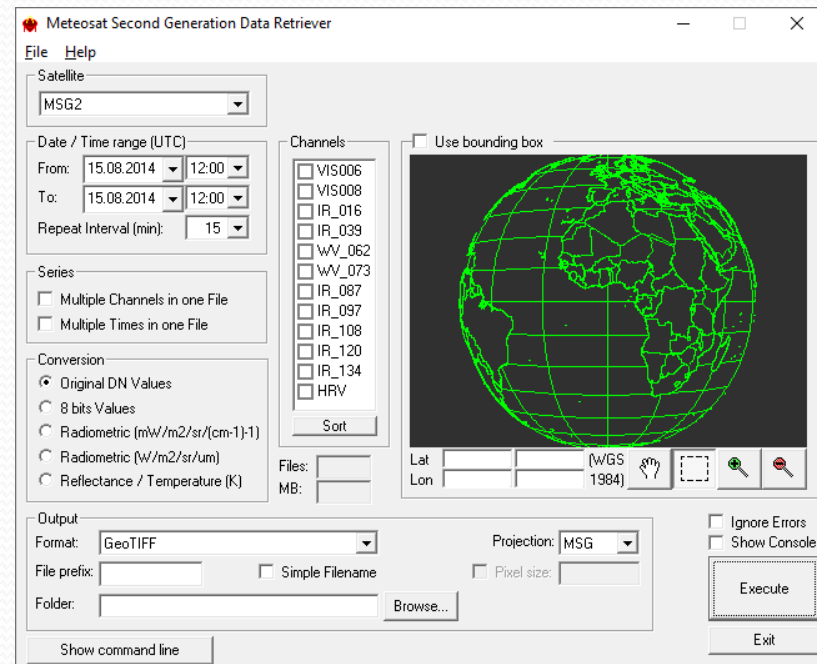
*Исследование выполнено при поддержке гранта РФФИ № 18-77-10076-а и гранта Президента РФ для молодых ученых-кандидатов наук № МК 313.2020.5 и*

## Актуальность и цель работы

- Смерчи и шквалы, как и другие ОЯ конвективного характера, генерируются отдельными конвективными ячейками или (чаще) мезомасштабными конвективными системами (МКС).
- Основными инструментами для мониторинга МКС являются ДМРЛ и геостационарные метеоспутники. Для Европейской территории России за период с 2005 г. по н.в. доступны данные серии спутников Meteosat (радиометра SEVIRI), в том числе с 2017 г – данные Meteosat-8 IODC.
- С 1980-х гг. в мире разрабатывается подход, основанный на поиске сигнатур на верхней границе облаков, указывающих на высокий риск развития ОЯ - пробоев тропопаузы, кольцевых и U/V образных структур.
- Цель работы – оценить характеристики МКС, генерирующих шквалы и смерчи, с которыми были связаны ветровалы на ЕТР и на Урале в период с 2006 по н.в. и выявить характерные сигнатуры на ВГО, позволяющие диагностировать эти явления по спутниковым данным SEVIRI/Meteosat-8.

# Данные и инструменты обработки

- 229 событий с ветровалами (112 шквалов и 117 смерчей) за период 2006-2021 гг.
- 80 случаев до 2016 г. (съемка с 0° с.ш., 0° в.д. с сильным эффектом параллакса)
- 149 случаев за 2017-2021 гг. (съемка высокого качества с Meteosat-8 OIDC)



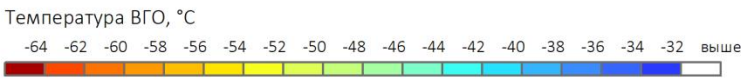
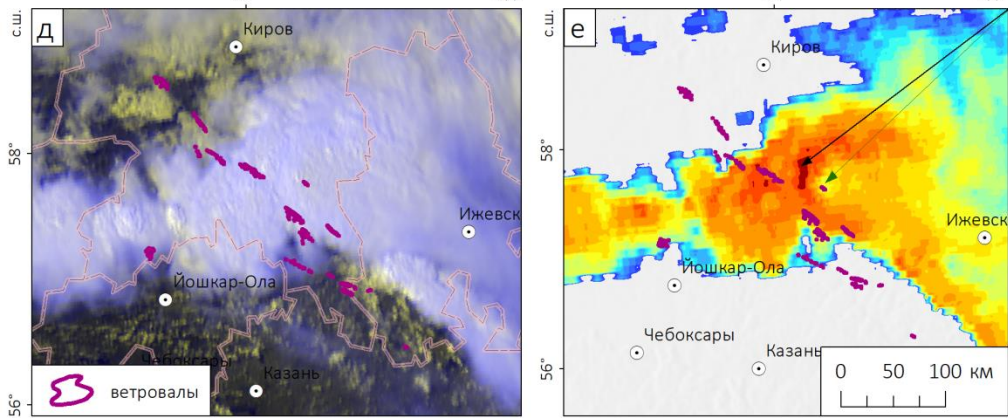
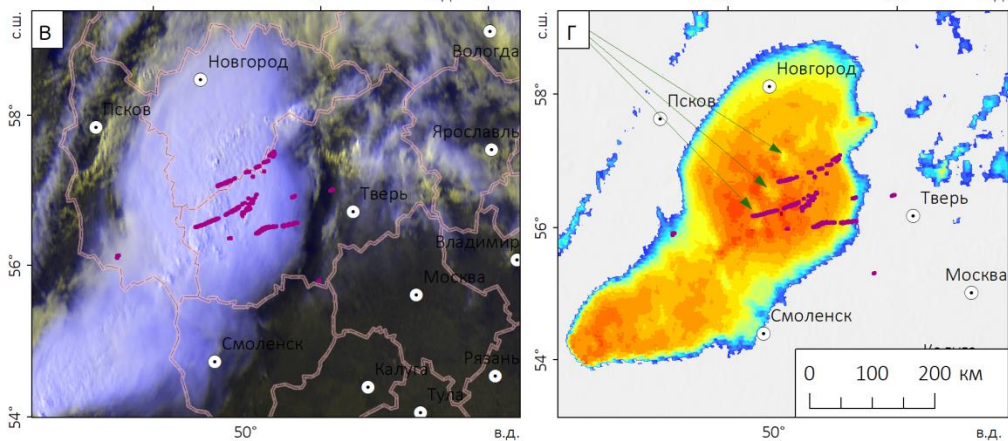
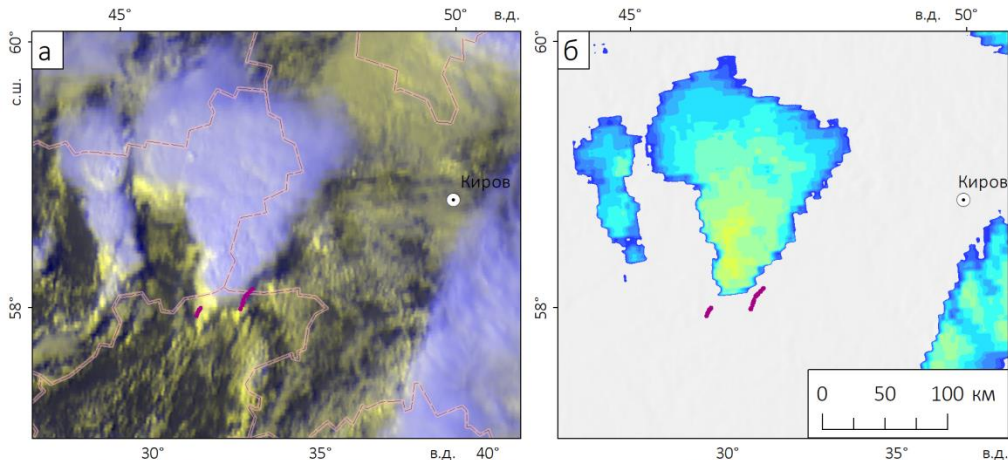
ArcGIS® ArcMap™

10.6.1

Загрузка документа...



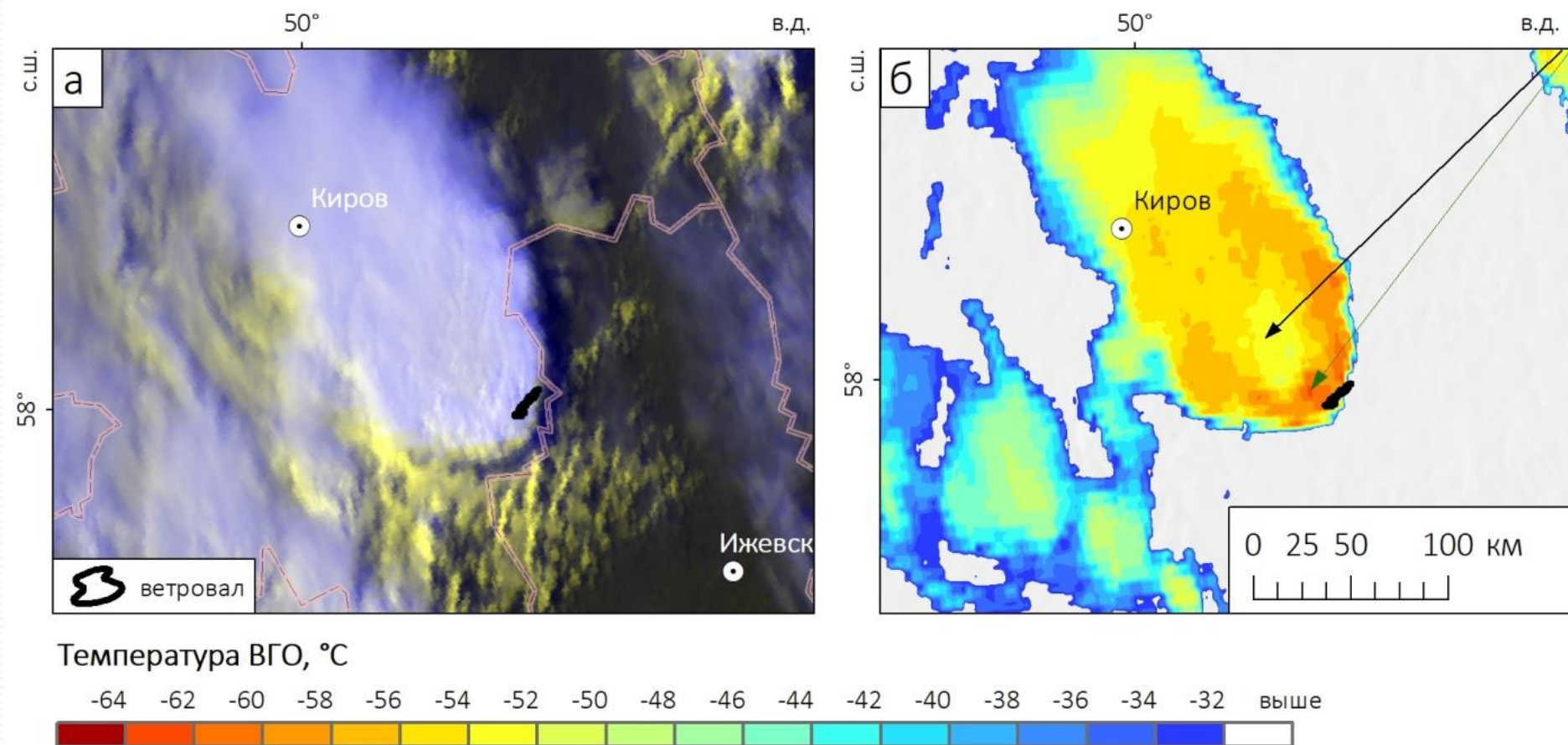
© 2018 Esri. All Rights Reserved



МКС, вызвавшие шквалы и смерчи, на снимках Meteosat-8 в комбинации каналов HRV-IR (слева) и температура ВГО (справа):

*Суперячейка, 19.08.2019 г. (а, б); линия шквалов с мезоциклонами 02.08.2017 г. (в, г); МКК у точки окклюзии 27.06.2020 (д, е). Зелеными стрелками обозначены кольцевые структуры, черными – пробои тропопаузы*

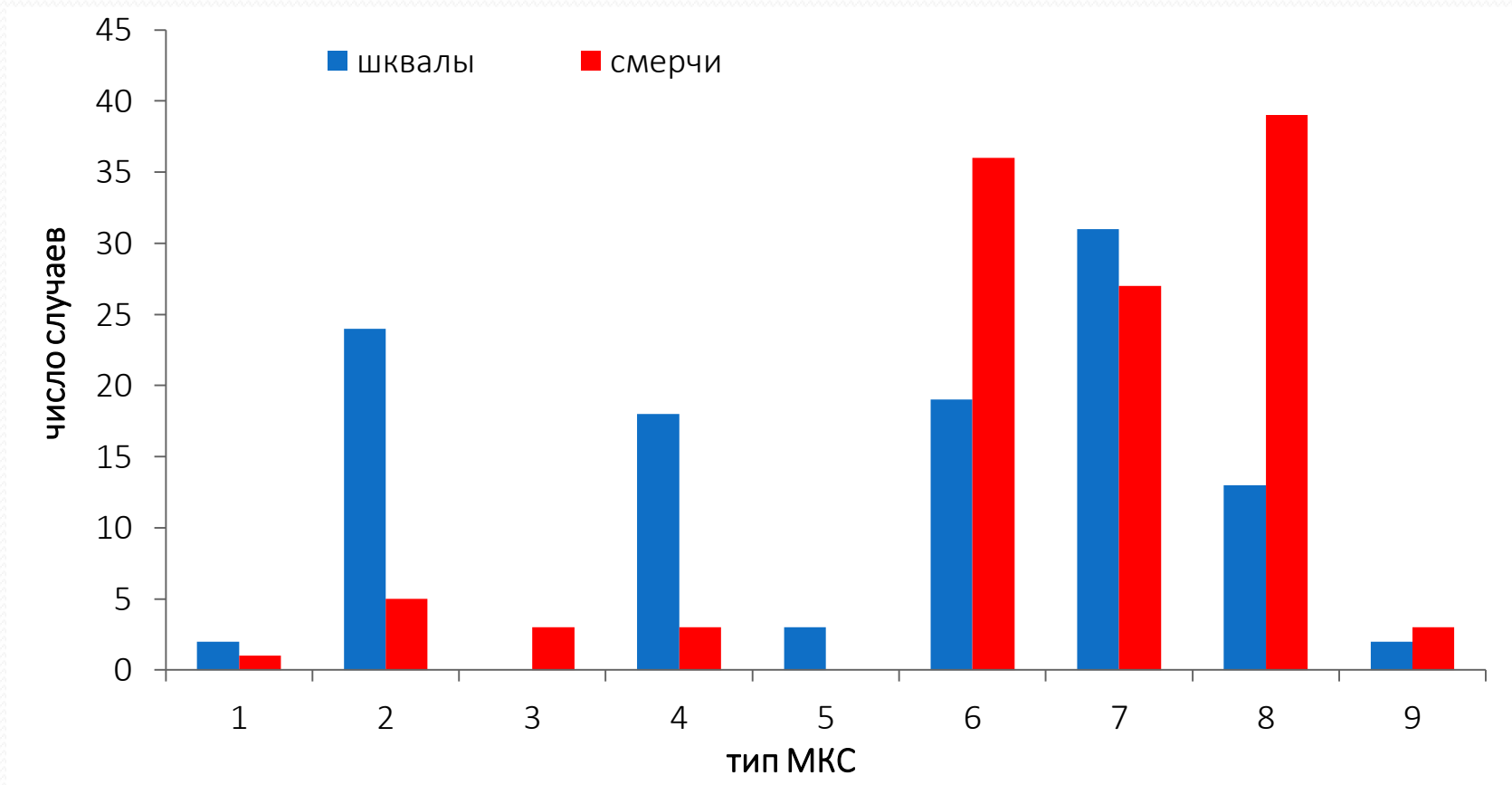
# МКС, вызвавшая шквал 04.08.2021 г. в Кировской области с выраженной сигнатурой типа Cold-Ring



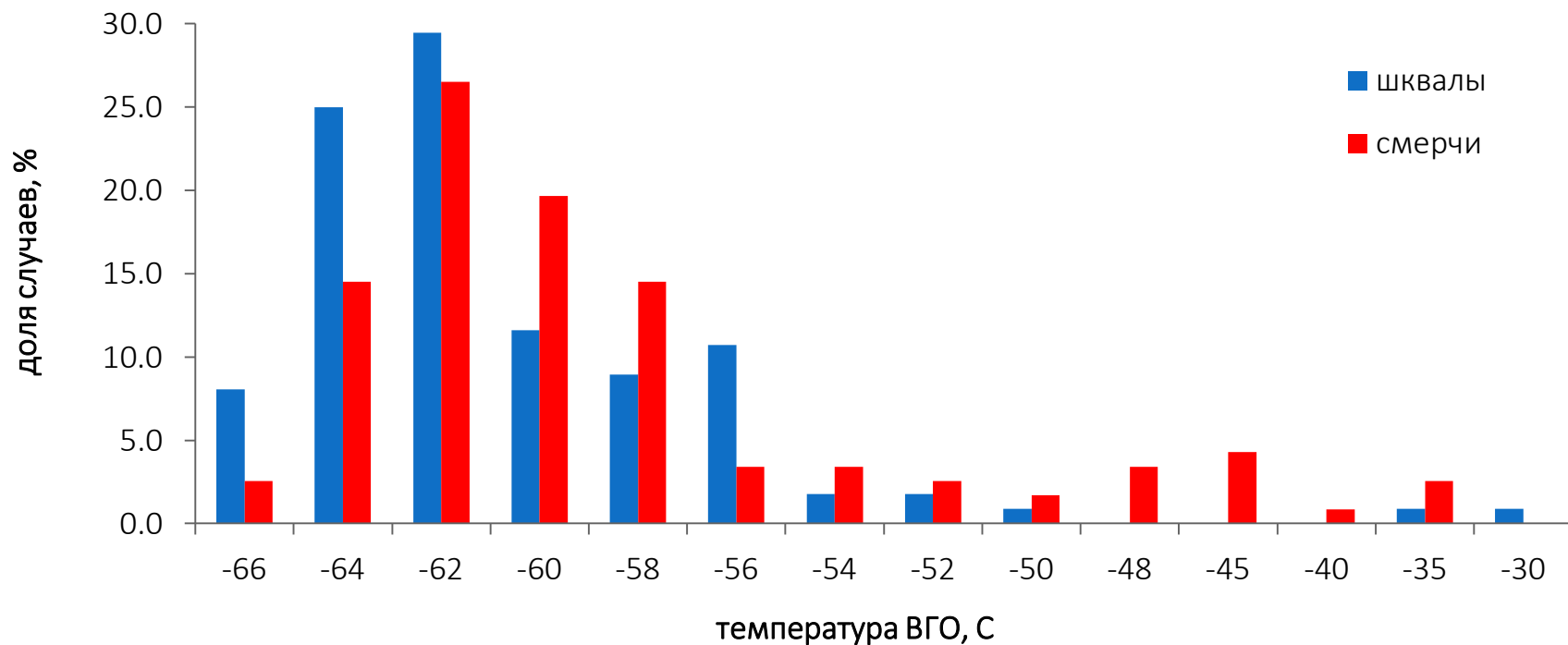
## Типы МКС, с которыми связаны

шкваловые и смерчевые ветровалы:

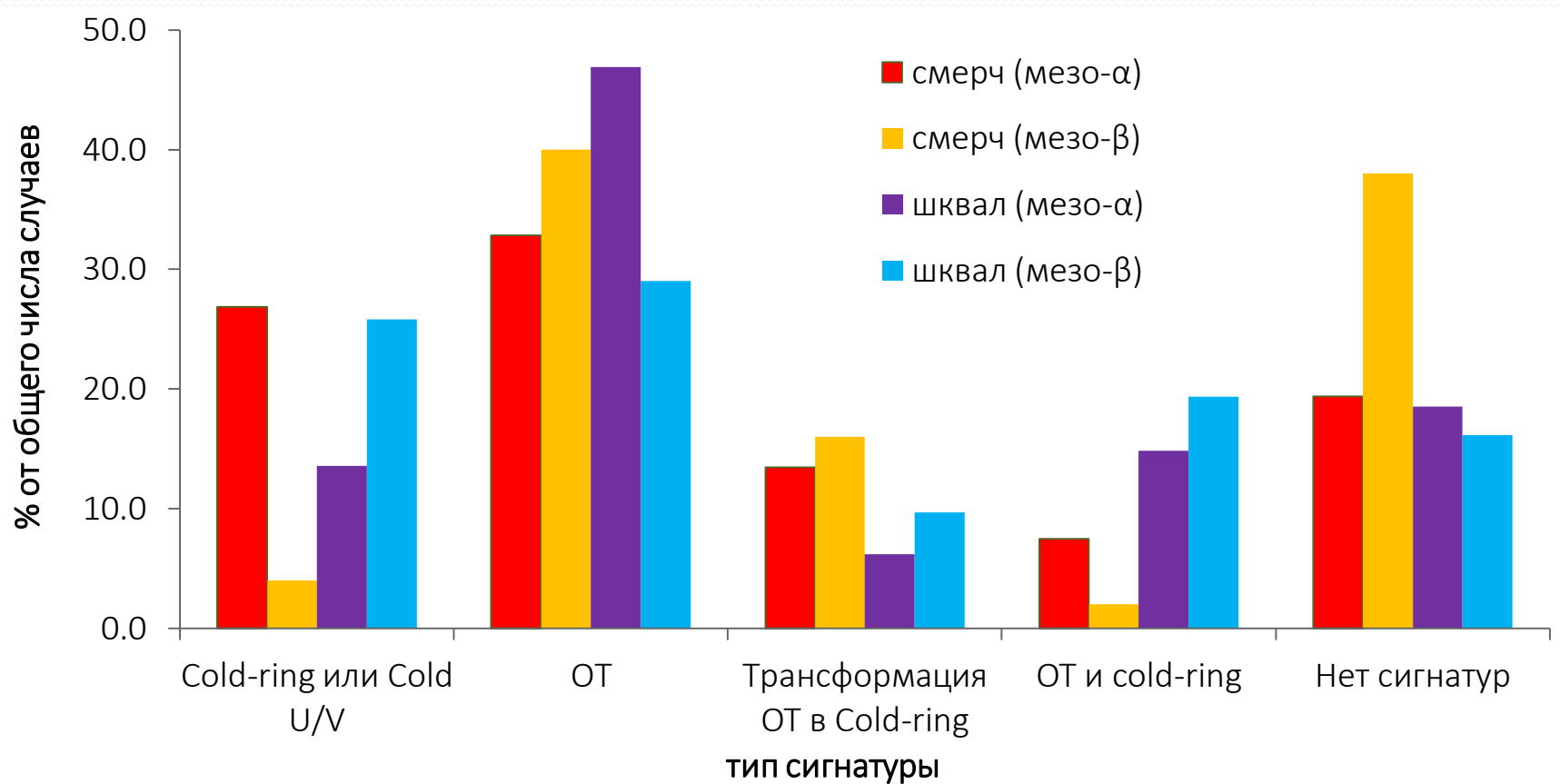
- 1) кластер масштаба мезо- $\alpha$ ; 2) МКК; 3) МКК с выраженным мезоциклоном; 4) линия шквалов; 5) линия шквалов, трансформировавшаяся в МКК; 6) линия шквалов с мезоциклонами; 7) суперячейка, трансформировавшаяся в МКК; 8) суперячейка; 9) линейная система масштаба мезо- $\nu$ .



# Распределение минимальной температуры ВГО в случаях возникновения шквалов и смерчей, вызвавших ветровалы.



# Типы сигнатур на ВГО в зависимости от явления, вызвавшего ветровал (шквал или смерч) и масштаба МКС (мезо- $\alpha$ или мезо- $\beta$ ).

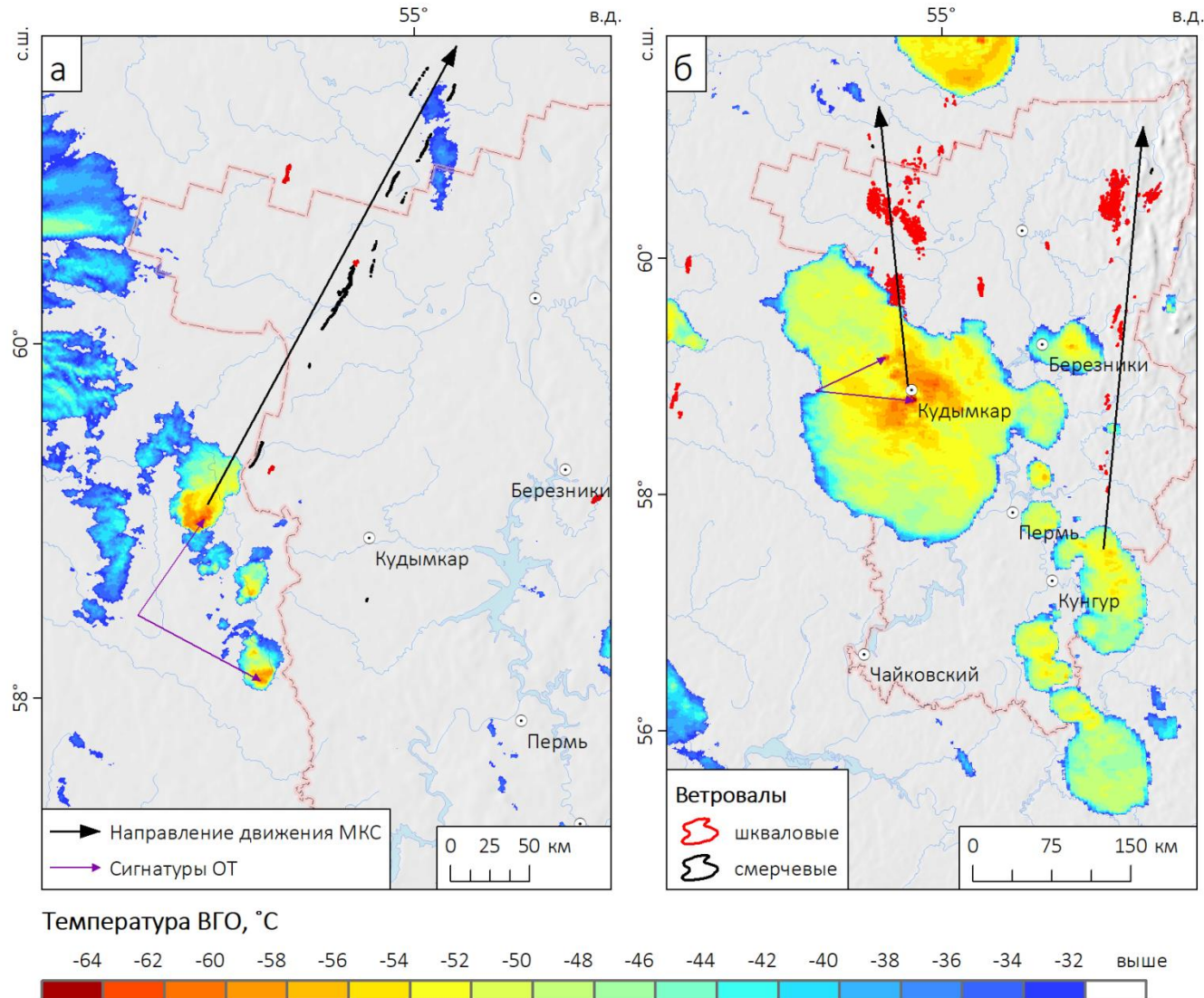




# Оценка характеристик МКС по данным Terra/Aqua MODIS

Температура ВГО для случаев МКС, вызвавших сильные шквалы и смерчи на востоке ЕТР 7.06.2009, 9.25 ВСВ (а) и 18.07.2012, 10.00 ВСВ (б).

Также выделены сигнатуры ОТ.



# Характеристики МКС, вызвавших шквалы и смерчи, определенные по спутниковым данным Terra/Aqua MODIS

Дата, время ветровала	Дата, время получения снимков	Тип и количество ветровалов*	Площадь ветровалов, км <sup>2</sup>	Тип МКС	Минимальная температура ВГО, °С	Типы сигнатур на ВГО
17.07.2004 15.00 – 18.00	17.07.2004 18.05	Шквал	15,38	МКК	-65°	ОТ
23.06.2007 13.00 – 18.00	23.06.2007 17.25	Смерчи (13)	11,89	МКК с мезоциклонами	-61°	ОТ, Cold-ring
07.06.2009 10.00 – 13.00	07.06.2009 09.25	Смерчи (16), шквалы (2)	27,64	Суперячейки	-64°	ОТ, Cold-V
16.06.2009 12.00 – 18.00	16.06.2009 17.00, 18.40	Смерчи (2), шквалы (10)	131,97	Линия шквалов с мезо-циклонами	-65°	ОТ (3), Cold-ring (2)
18.07.2012 10.00 – 15.00	18.07.2012 08.25, 10.00	Смерчи (3), шквалы (22)	208,60	МКК с мезоциклоном, линия шквалов	-66°	ОТ, Cold-V
17.06.2013 15.00 – 16.00	17.06.2013 10.15, 18.00	Смерчи (2)	14,57	Суперячейка, трансформ. МКК	-64°	ОТ
27.06.2015 17.00 – 19.00	27.06.2015 19.25	Шквал	11,15	Линия шквалов	-63°	нет
08.08.2016 07.00 – 09.00	08.08.2016 07.10, 08.50	Шквал	4,96	Суперячейка	-63°	ОТ, Cold-ring



# Характеристики неустойчивости

# Основные выводы

- На основе выборки из 97 МКС, с которыми связаны 229 шкваловых и смерчевых ветровалов установлено, что большинство случаев смерчей и шквалов генерируются МКС масштаба мезо- $\alpha$  – МКК, линиями шквалов и суперячейками, трансформировавшимися в МКК. При этом для смерчей выше доля случаев, связанных с суперячейками масштаба мезо- $\beta$ . Наиболее крупные вспышки шквалов и смерчей вызваны МКС, которые включали несколько параллельно движущихся мезоциклонов.
- В 70,6% случаев при возникновении шквалов и смерчей наблюдаются сигнатуры пробоя тропопаузы и кольцевые структуры на ВГО, которые являются важным диагностическим признаком этих явлений. Исключением являются суперячейки и линии шквалов, сформировавшиеся в условиях слабой конвективной неустойчивости. Смерчи имеют менее выраженную связь с этими сигнатурами, чем шквалы, а МКС, генерирующие смерчи, имеют в среднем более высокую температуру ВГО, что связано с различиями энергии неустойчивости при возникновении шквалов и смерчей.



Спасибо за внимание

*Андрей Шихов, к.г.н,  
Пермский государственный университет  
e-mail: and3131@inbox.ru  
URL: <http://accident.perm.ru/>*