

ВЕРИФИКАЦИЯ ЧИСЛЕННОГО ПРОГНОЗА СИЛЬНЫХ ОСАДКОВ В ХОЛОДНЫЙ ПЕРИОД ГОДА НА ПРИМЕРЕ ТЕРРИТОРИИ СРЕДНЕГО УРАЛА

- **А.В. Быков**, аспирант кафедры метеорологии и охраны атмосферы ПГНИУ
- **Е.В. Пищальникова**, к.г.н., ст. преп. кафедры метеорологии и охраны атмосферы ПГНИУ
- **А.Н. Шихов**, к.г.н., доцент кафедры картографии и геоинформатики

При поддержке РФФИ (проект № 16-35-00410 мол_a)



Цели и задачи

Цель работы – исследование условий формирования сильных и очень сильных снегопадов на Урале и совершенствование методов их прогноза на основе гидродинамических (мезомасштабных и глобальных) моделей атмосферы

Задачи:

- Оценить необходимость применения мезомасштабной модели WRF для прогноза сильных снегопадов, сравнив качество прогноза по моделям GEM (CMC), GFS и WRF.
- Определить влияния шага сетки, числа вертикальных уровней и входных данных в модели WRF на успешность прогноза.
- Выявить влияние сезонного фактора на успешность прогноза по модели WRF

Используемые прогностические модели

Название	Страна	Охват	Формат выходных данных	Шаг сетки по горизонтали
CMC-GEM	Канада	Глобальная	GRIB-2	0.24°
NCEP-GFS	США	Глобальная	GRIB-1,2	0.25°
WRF-ARW	США	Мезомасштабная	GRIB-1	2-12 км

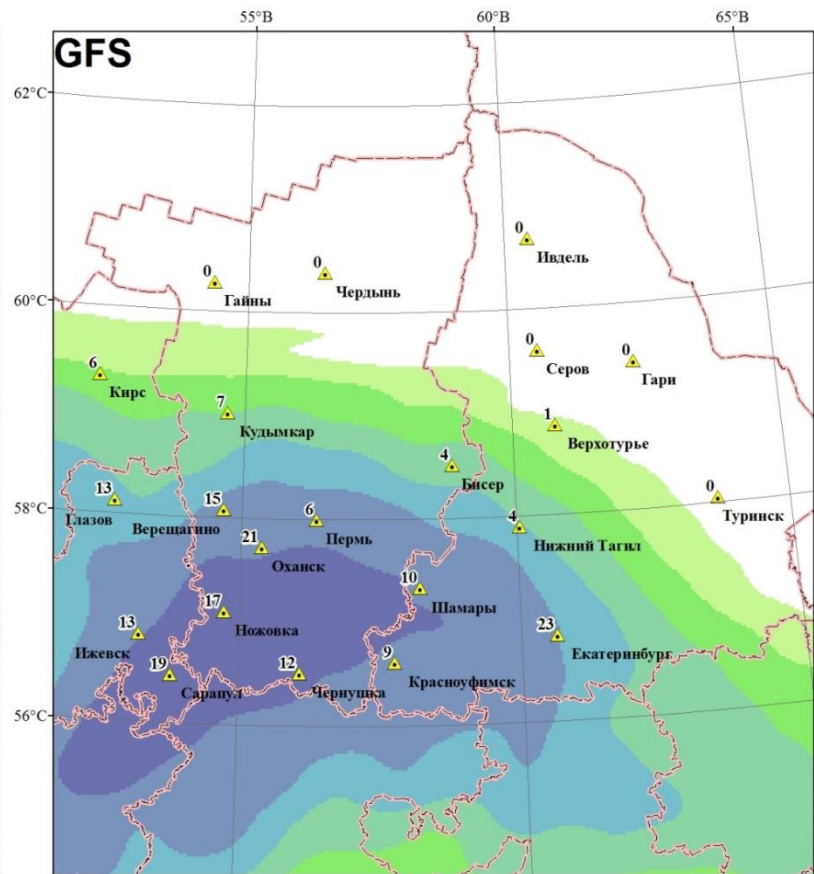
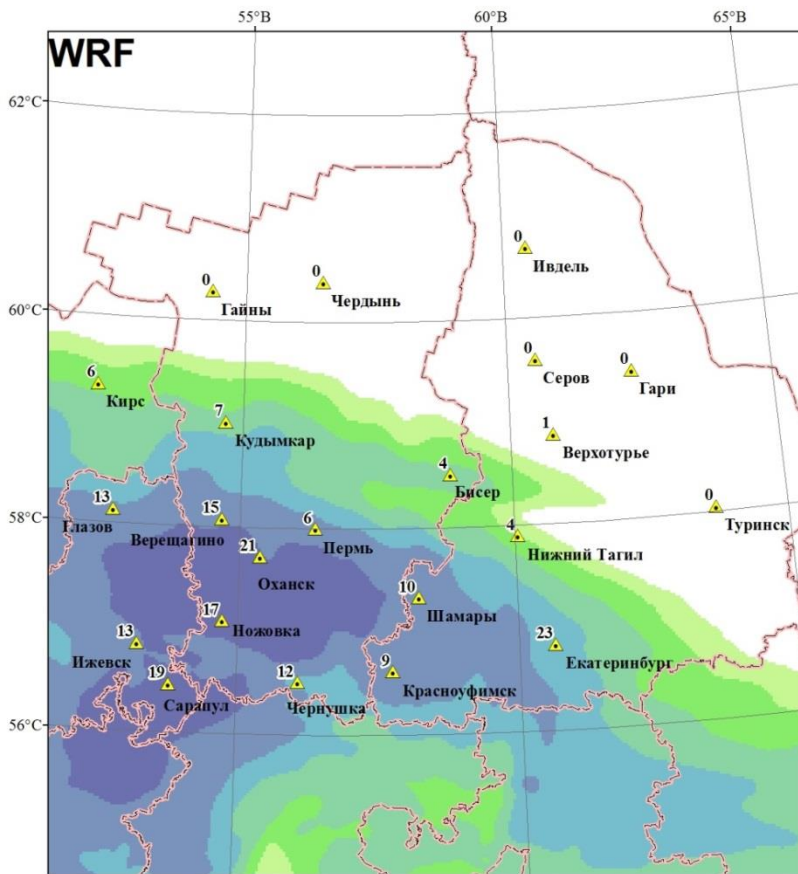
Мезомасштабная прогностическая модель WRF-ARW

- Версия 3.2.1(ВК Тесла), 3.6.1(ПК), 3.8.1(ВК Кеплер)
- Срок прогноза – 15/27/39/51 часов
- Шаг вывода прогностических данных – 1 час
- Шаг сетки по вертикали: 38/42/76 уровней
- Центр области расчетов: 58 с.ш. 56 в.д.
- **Параметризации подсеточных процессов:**
микрофизика облачности – схема Томпсона,
длинноволновая радиация – схема RRTM,
коротковолновая радиация – схема Дудья, приземный
слой – схема Мони́на-Обухова, подстилающая
поверхность и почва – схема NOAH; пограничный слой
– схема университета Енсей.

Оценка успешности прогноза по моделям WRF (v. 3.2 , шаг 10 км) и GFS, на примере сильных снегопадов в октябре 2014 г.

Критерии успешности	Модель	Прогноз на 15 ч	Прогноз на 27ч	Прогноз на 39 ч
Критерий Пирси-Обухова	WRF	0.53	0.51	0.47
	GFS	0.54	0.42	0.45
Процент успешных прогнозов	WRF	0.88	0.87	0.86
	GFS	0.88	0.87	0.86
Оправдываемость прогноза наличия явления	WRF	0.74	0.65	0.58
	GFS	0.75	0.66	0.54
Предупрежденность явления	WRF	0.77	0.71	0.55
	GFS	0.73	0.63	0.53
Число ложных тревог	WRF	19	11	15
	GFS	16	13	17
Число пропусков	WRF	19	18	30
	GFS	24	16	28

Оценка необходимости применения мезомасштабной модели для прогноза сильных снегопадов (18.10.2014, 03 ВСВ)



Количество осадков, мм (прогноз)



17

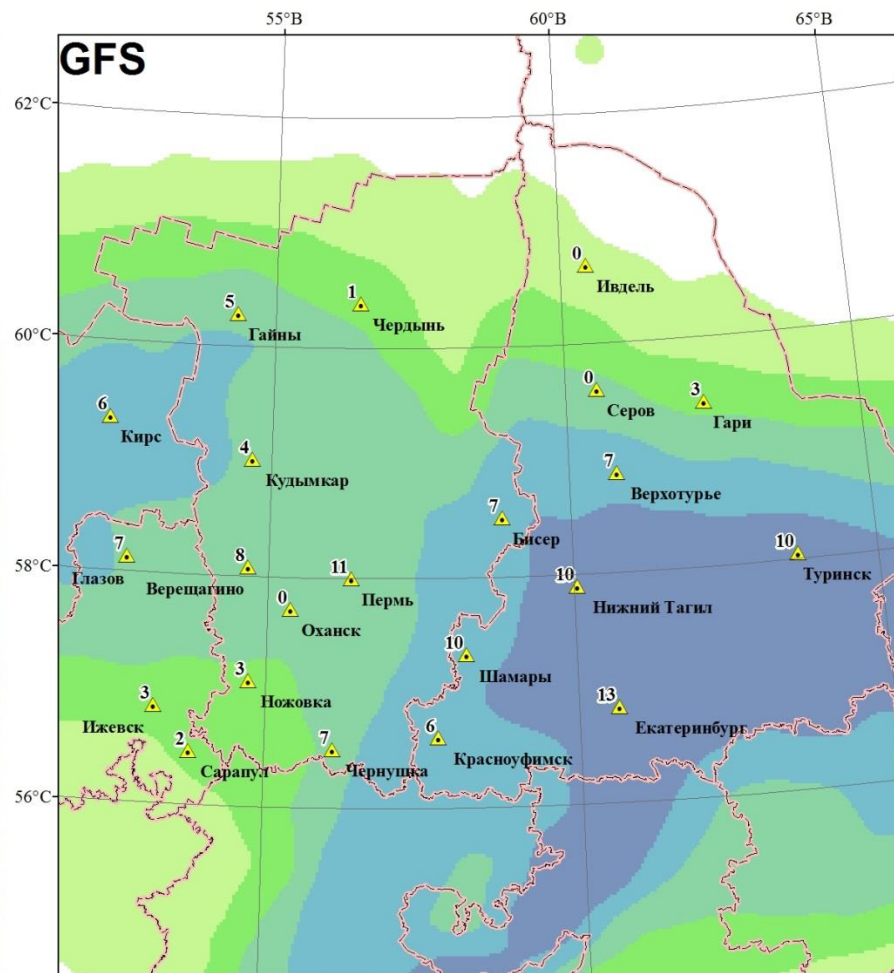
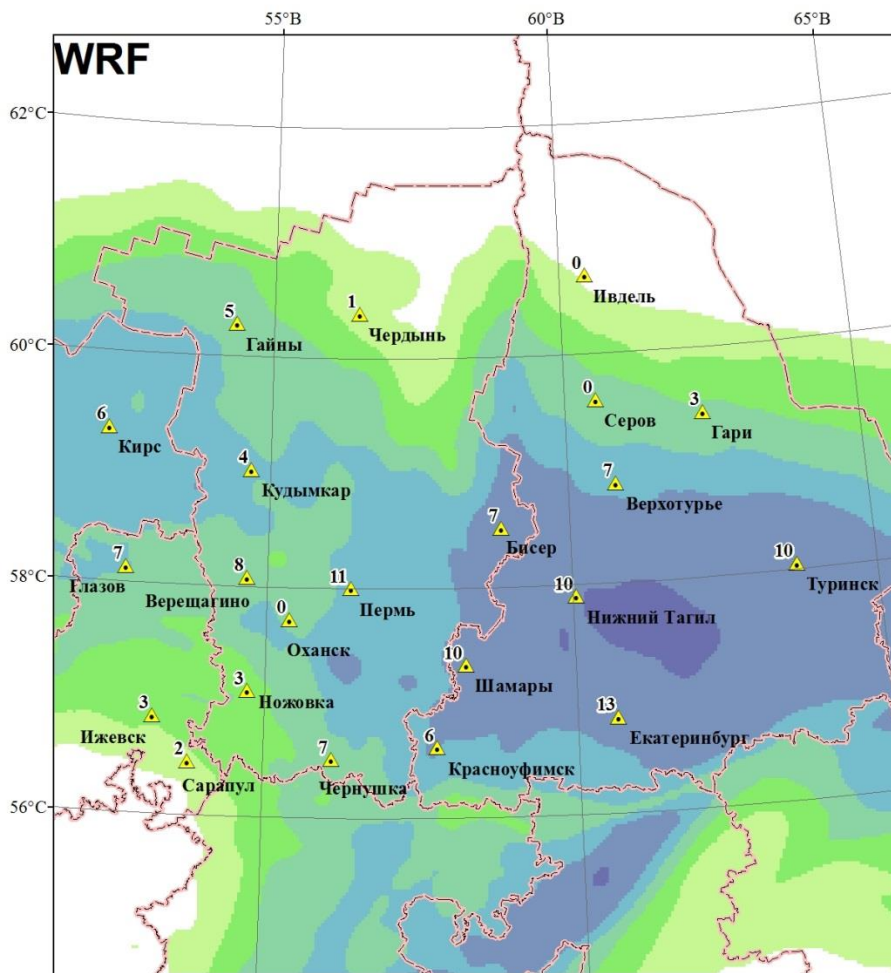


количество осадков, мм (факт)

Бисер




18.10.2014, 15 BCB



Количество осадков, мм (прогноз)



17  количество осадков, мм (факт)
Бисер



Выводы

- Обе модели в целом адекватно воспроизводят крупномасштабное поле осадков и зоны их максимальной интенсивности
- Максимальное количество осадков по модели WRF существенно больше, чем по модели GFS, что объясняется более детальным описанием подстилающей поверхности.
- Качество прогноза **сильных снегопадов** (6-19 мм/12ч) по моделям WRF и GFS сопоставимо.
- Качество прогноза **очень сильных снегопадов** (≥ 20 мм/12ч) по модели WRF выше, чем по модели GFS.
- Максимальные ошибки прогноза по обеим моделям наблюдаются при сильных снегопадах ливневого характера в тыловой части циклона.

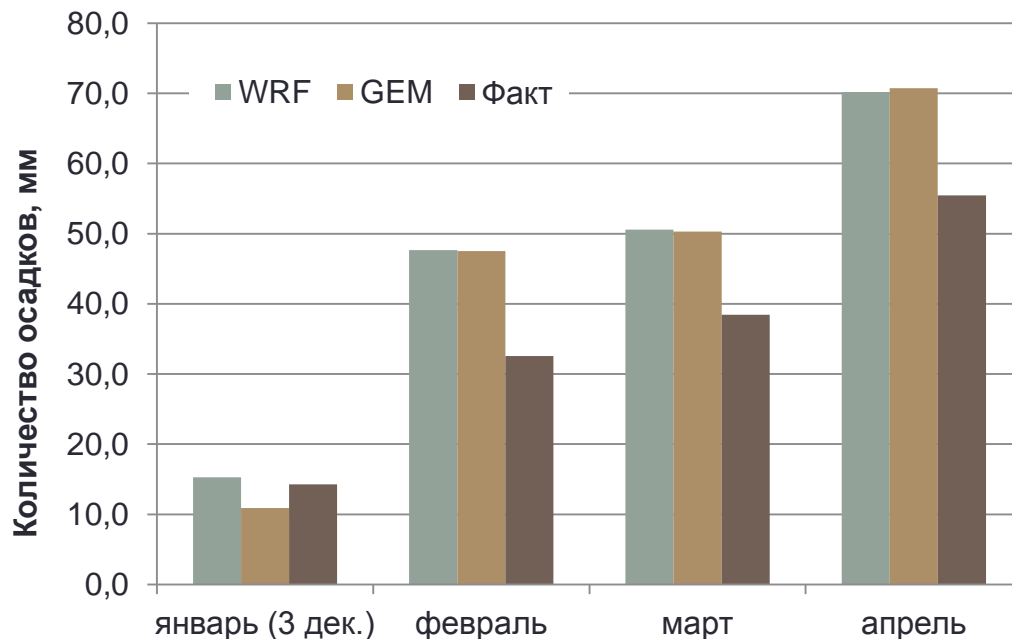
Оценка успешности прогноза сильных снегопадов (6-19 мм/12ч) по моделям GEM, GFS и WRF 3.6.1 (9 км) сезон 2015-2016 гг.

Критерии успешности прогноза	GEM	GFS	WRF
Критерий Пирси-Обухова	0.54	0.44	0.48
U - процент успешных прогнозов	0.91	0.91	0.91
U0 -оправдываемость прогноза наличия явления	0.57	0.63	0.60
Предупрежденность явления	0.60	0.49	0.50
Число ложных тревог	34	28	38
Число пропусков явления	34	34	31

- По критерию Пирси-Обухова наилучшее качество прогноза имеет модель **GEM**. Для модели WRF характерно наименьшее число пропусков явления и наибольшее число ложных тревог (следствие систематического завышения количества осадков)

Влияние сезонного фактора на точность прогноза

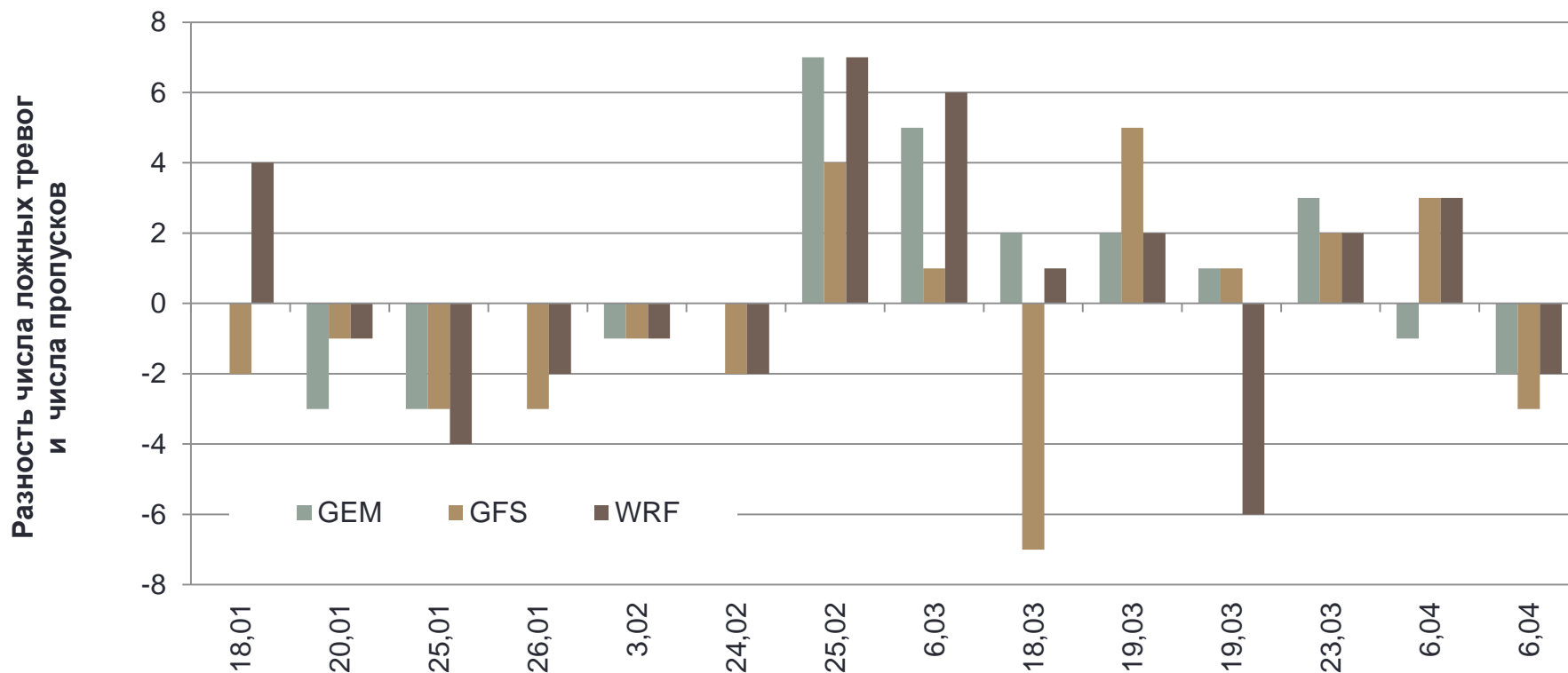
- В середине зимнего сезона наблюдается систематическое занижение количества осадков, более выраженное у модели GEM. В феврале-апреле наблюдается существенное (на 30-40%) систематическое завышение количества осадков

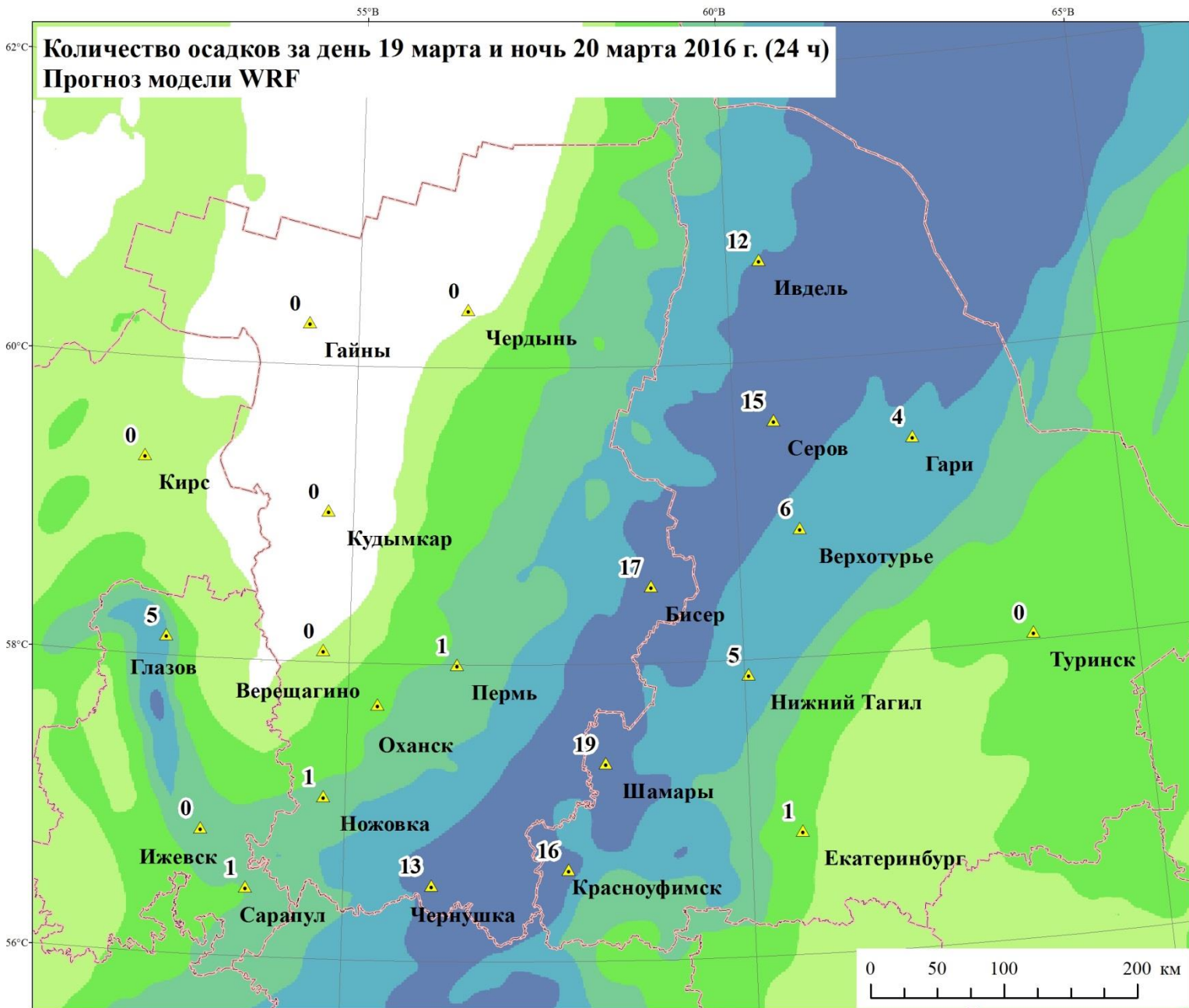


Сопоставление фактических (среднее по данным 37 метеостанций) и расчетных месячных сумм осадков (по моделям WRF и GFS) в 2016 г.

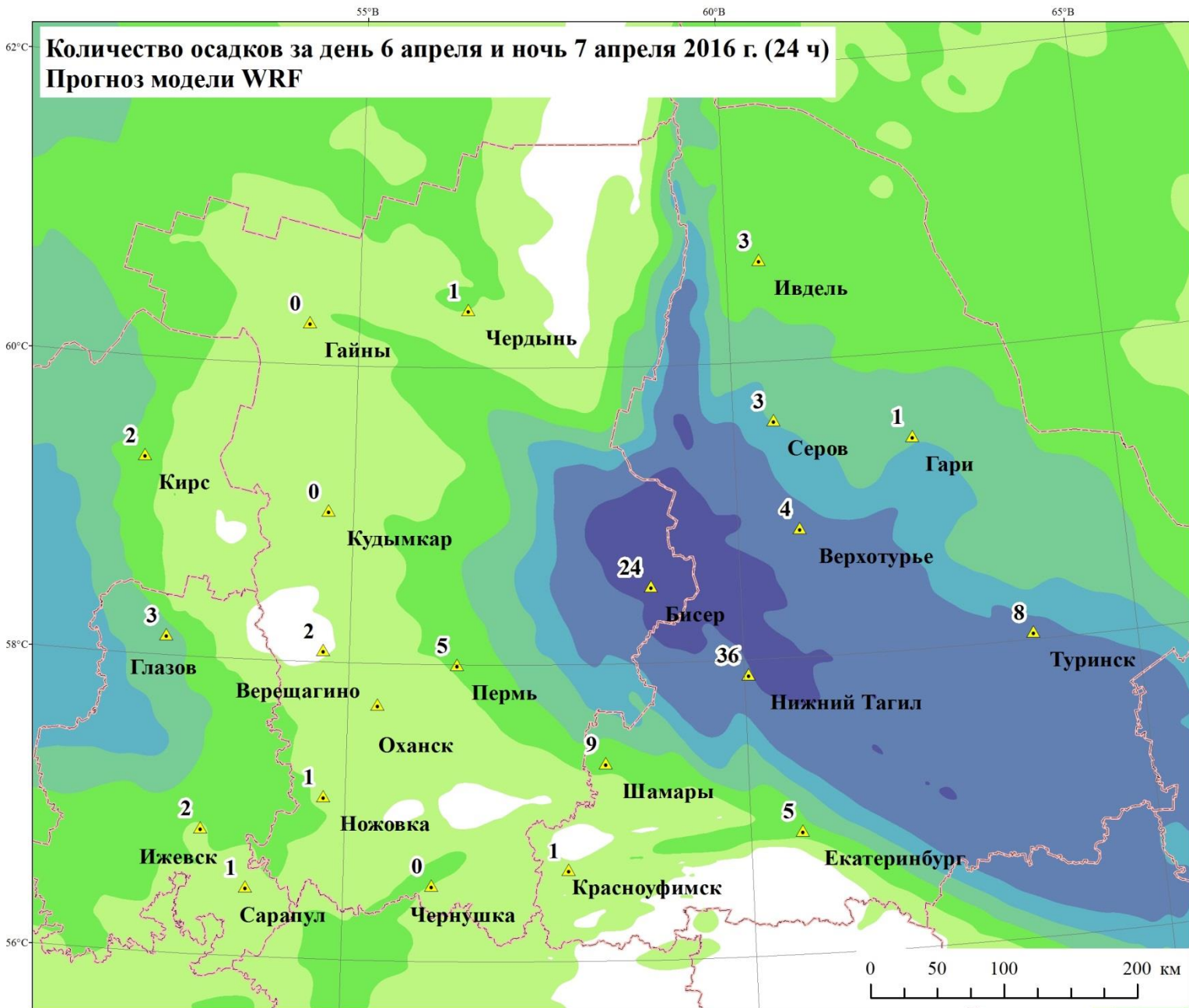
Сезонная динамика ошибок прогноза сильных снегопадов (на примере 2015-2016 гг.)

- В январе у всех моделей преобладают ошибки второго рода (пропуски явления). В весенний период преобладают ошибки первого рода (ложная тревога)

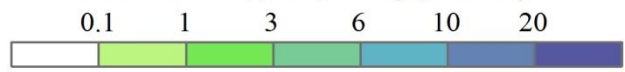




24
▲ Количество осадков на метеостанции, факт (мм)
Бисер



Количество осадков, мм (прогноз)



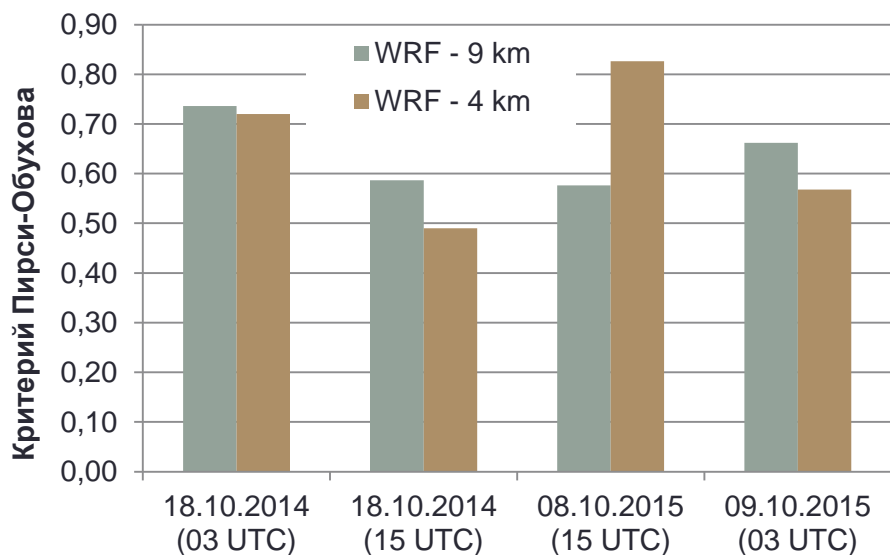
24
Бисер

Количество осадков на метеостанции, факт (мм)

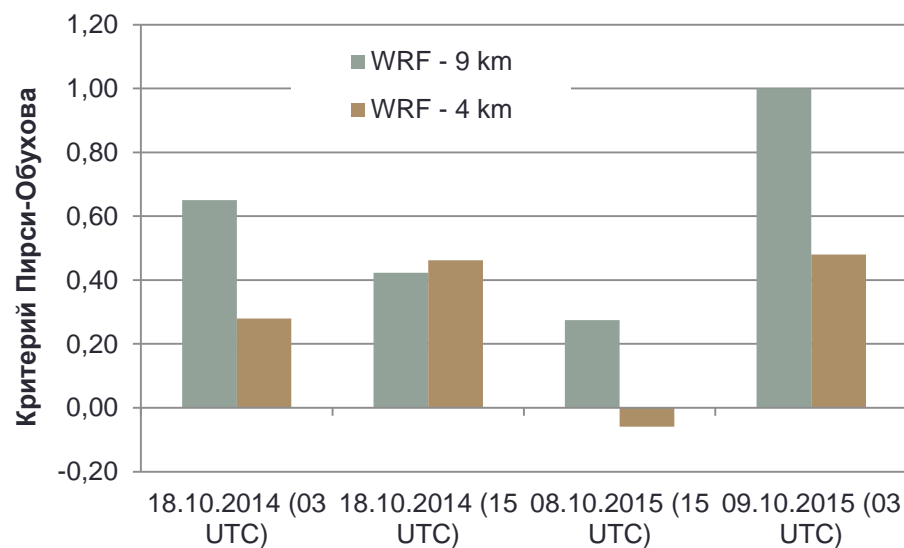
Влияние шага сетки модели WRF на успешность прогноза

- С повышением разрешения количество осадков по модели увеличивается
- Прогноз сильного снегопада ($\geq 6\text{мм}/12\text{ч}$) имеет примерно одинаковую надежность на сетках 9 км и 4 км
- Прогноз очень сильного снегопада ($\geq 20\text{мм}/12\text{ч}$) более точный при разрешении 9 км

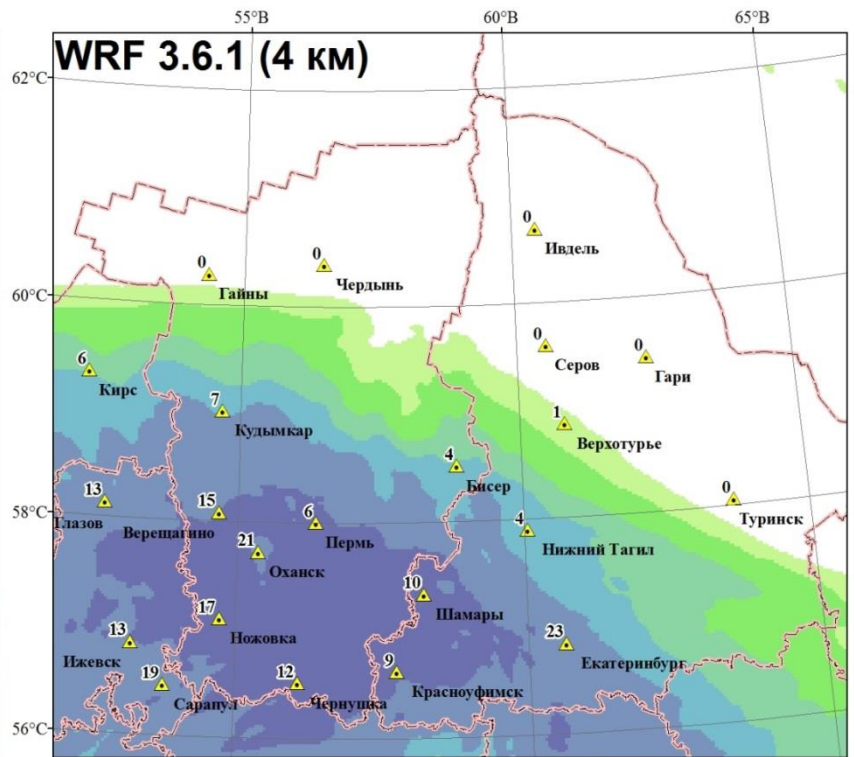
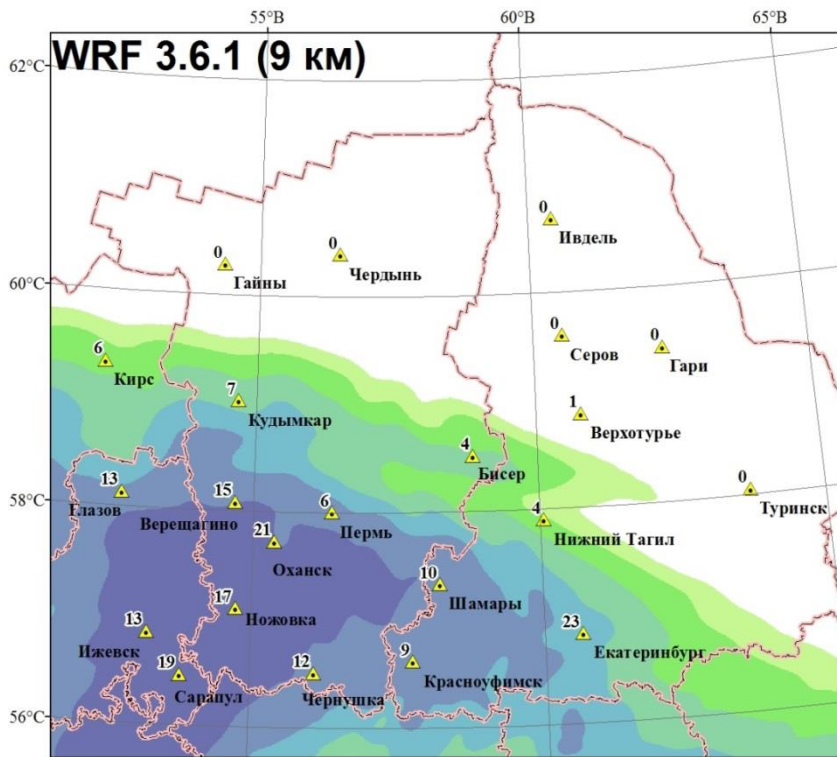
Прогноз сильного снегопада



Прогноз очень сильного снегопада



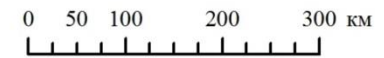
Влияние шага сетки модели WRF на успешность прогноза, 18.10.2014



Количество осадков, мм (прогноз)



17 количество осадков, мм (факт)
Бисер



Влияние числа вертикальных уровней в модели WRF на успешность прогноза

- Для выявления причин и устранения систематического завышения количества осадков по модели WRF (характерного для весеннего периода) проведены расчеты с использованием разного числа вертикальных уровней (38 и 76).
- Существенного изменения качества прогноза не зафиксировано, завышение количества осадков сохраняется на том же уровне (в среднем на 30-40%)

Оценка влияния числа вертикальных уровней в модели WRF на успешность прогноза осадков (на примере снегопадов в марте и апреле 2013 г.)



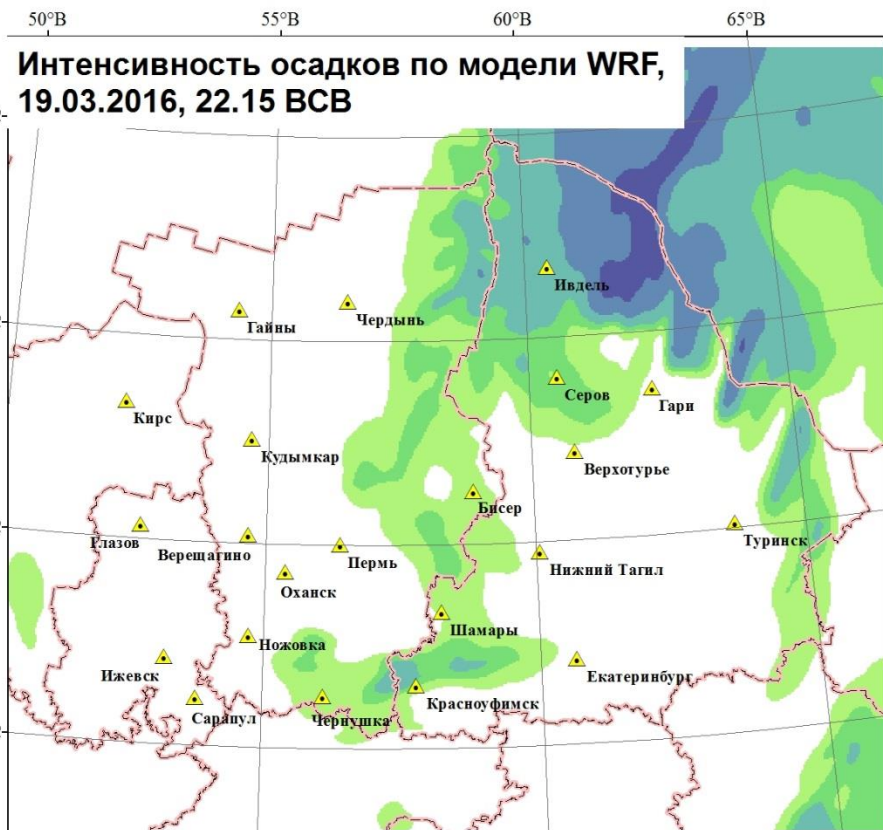
Количество осадков, мм (прогноз)



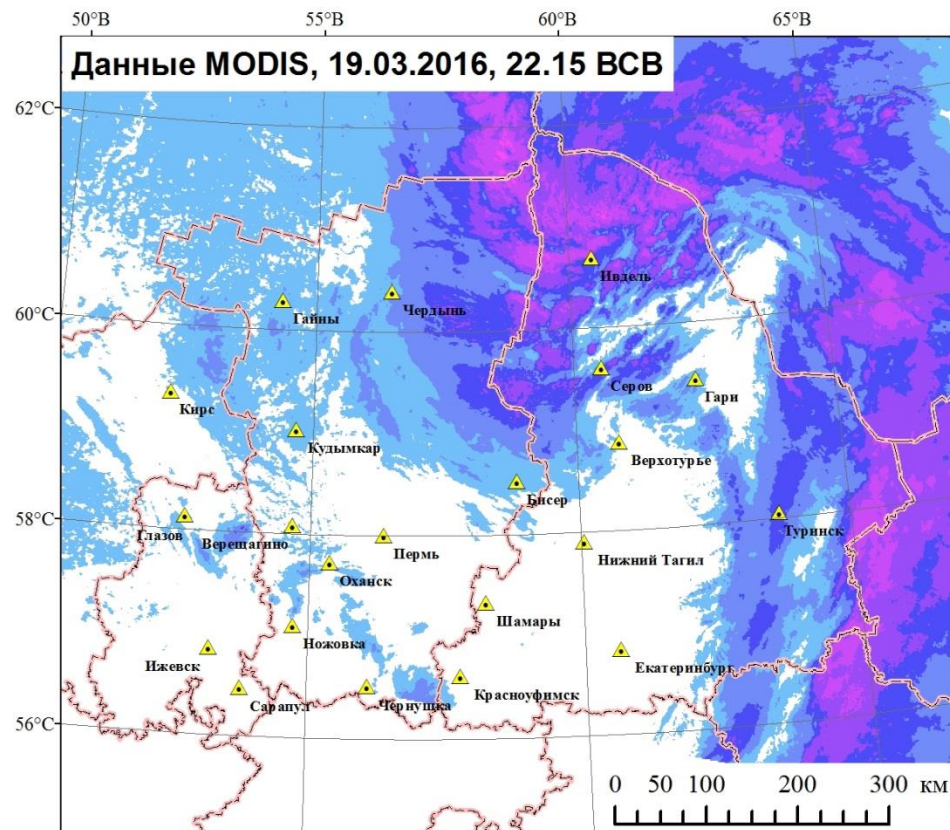
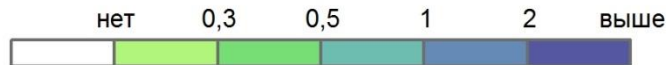
Оценка возможности использования спутниковых данных о температуре верхней границы облаков (ВГО) для прогноза сильных снегопадов

- Температура ВГО в холодный период характеризует интенсивность восходящих движений в верхней тропосфере.
- На теплых и малоподвижных фронтах зона с минимальной температурой ВГО находится далеко впереди зоны интенсивных осадков (последняя расположена перед приземной линией фронта, а зона минимальной температуры ВГО значительно ее опережает).
- На холодных фронтах зона минимальной температуры ВГО расположена за линией фронта.

Пример сравнения интенсивности осадков и температуры ВГО, 19.03.2016 г.



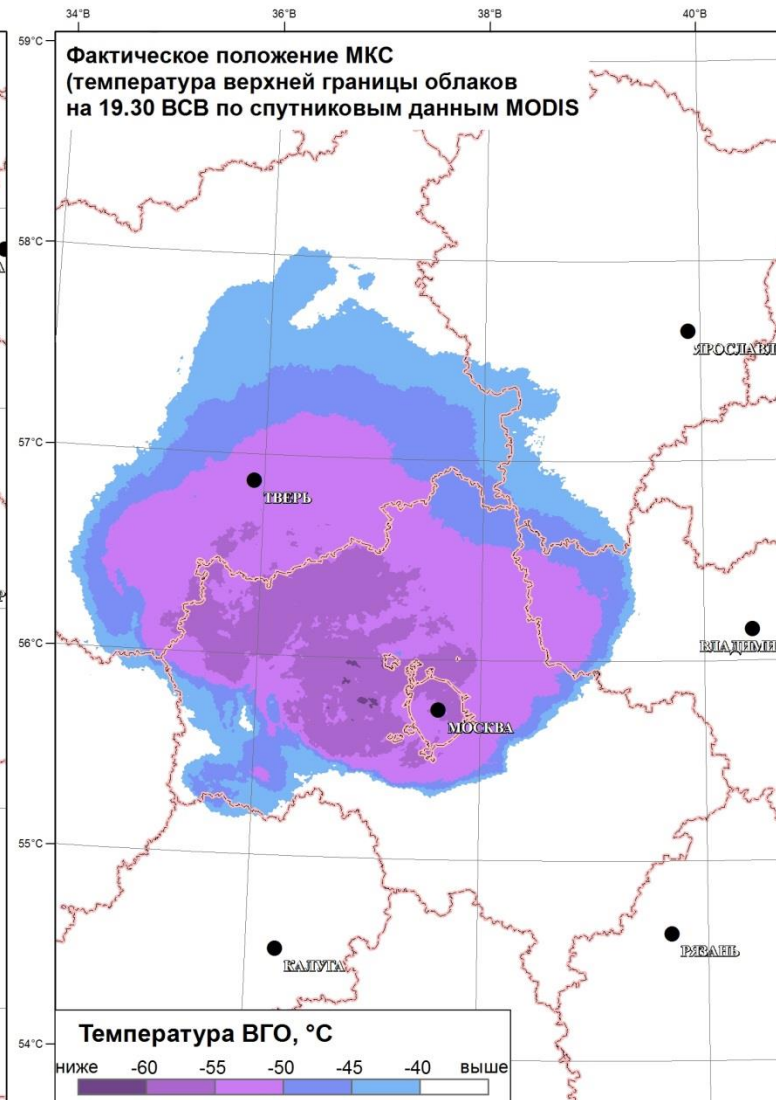
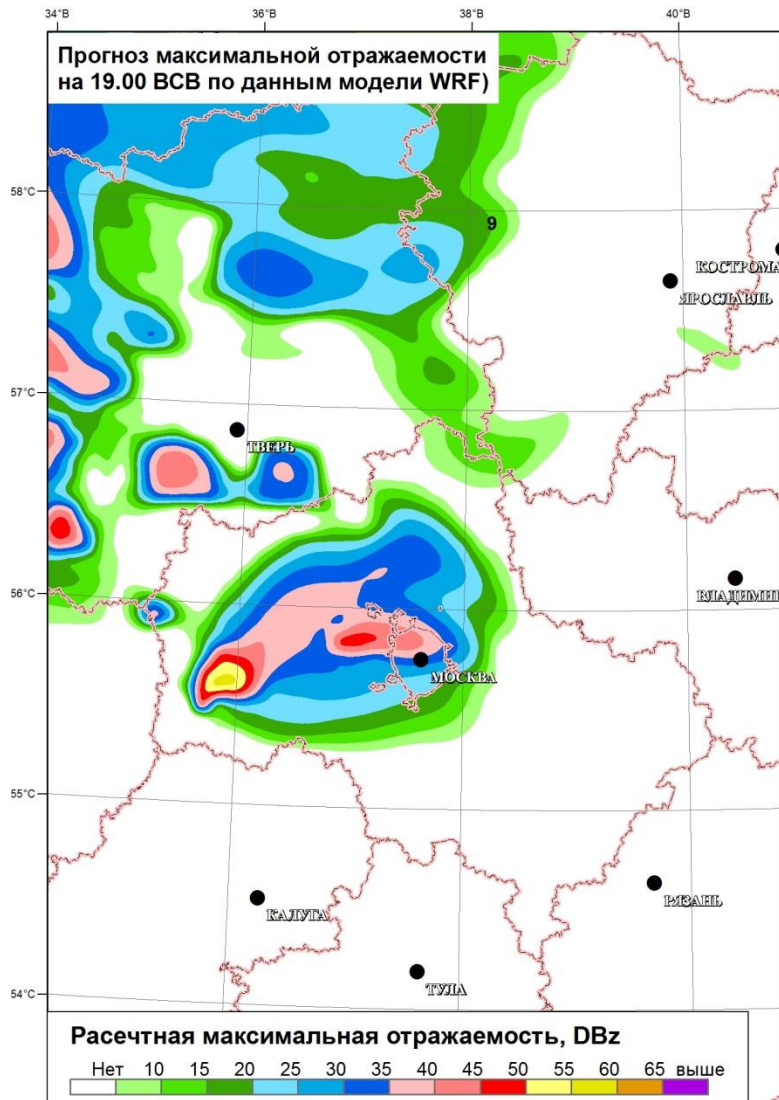
Интенсивность осадков, мм/ч



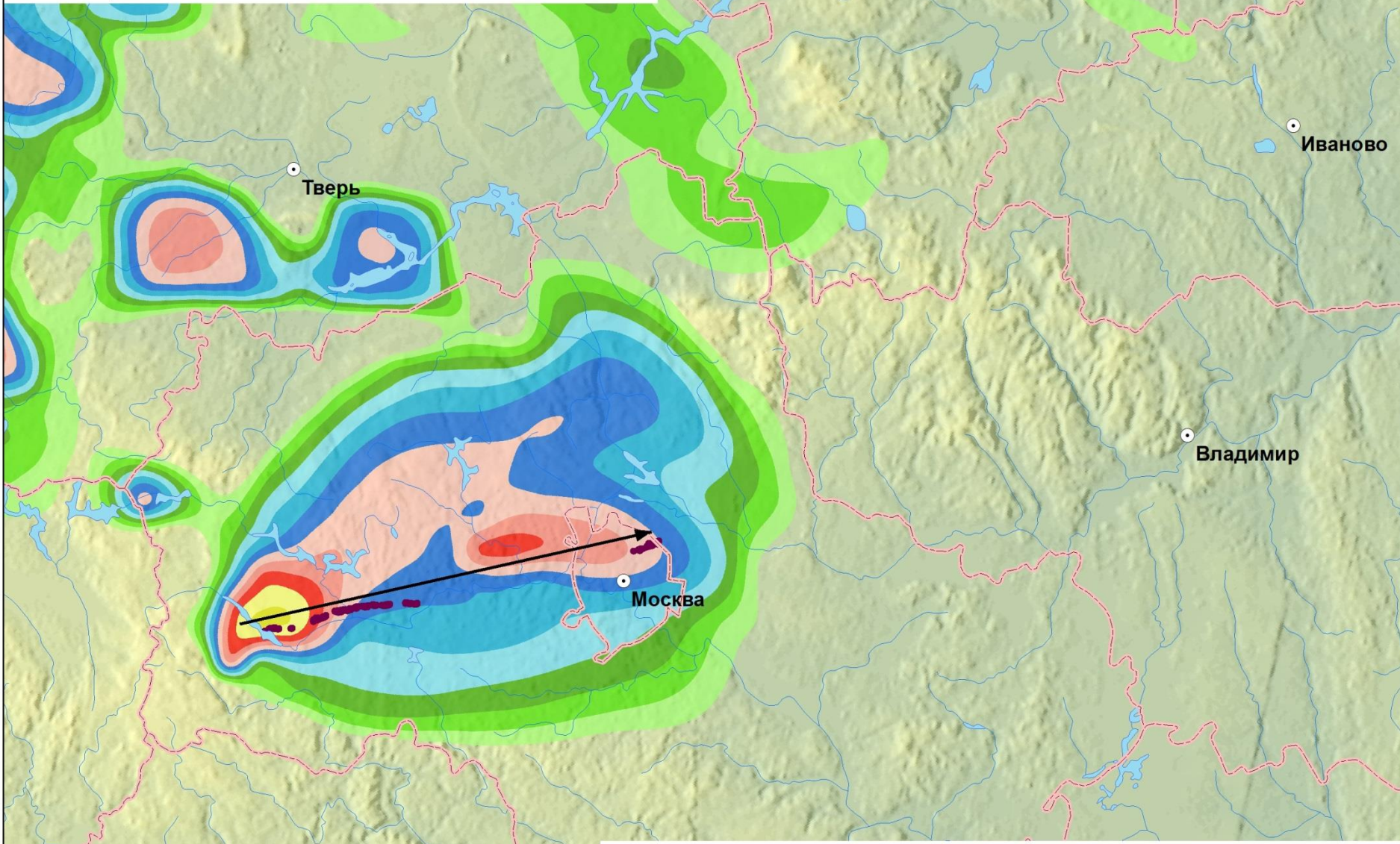
Температура ВГО, °С



Сравнение интенсивности осадков и температуры ВГО, 13.07.2016

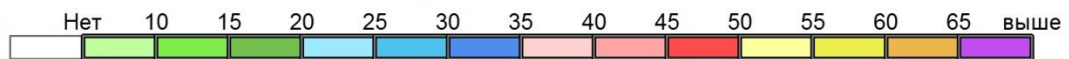


ПРОГНОЗ МАКСИМАЛЬНОЙ ОТРАЖАЕМОСТИ ПО МОДЕЛИ WRF
13.07.2016, 19.00 ВСУ



➔ направление движения смерча
▭ ветровалы от смерча

Расчетная максимальная отражаемость, DBz



Перспективы продолжения исследований

- Расширение выборки для проведения сравнительного анализа успешности прогнозов по разным моделям.
- В 2017 г. планируется получение и установка программного комплекса модели GEM-Regional (Канада).
- Разработка методических рекомендаций по использованию мезомасштабной модели WRF для краткосрочного прогноза сильных снегопадов на Урале.
- Разработка методики учета систематических (сезонных) ошибок прогноза осадков

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ



Быков А.В., аспирант
кафедры метеорологии и
охраны атмосферы
ПГНИУ