

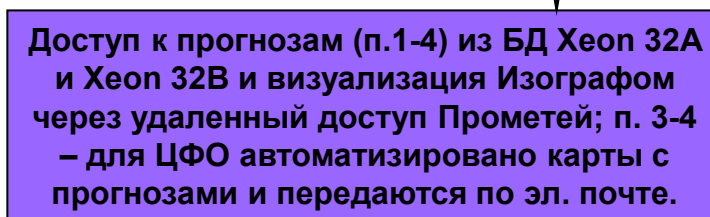
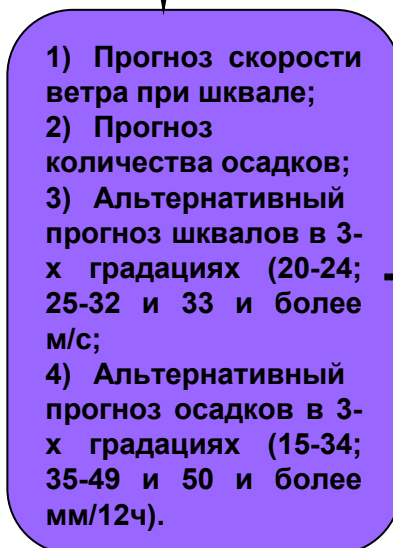
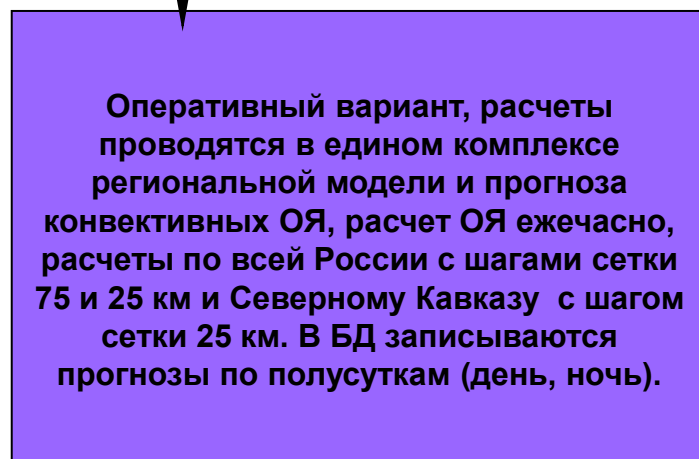
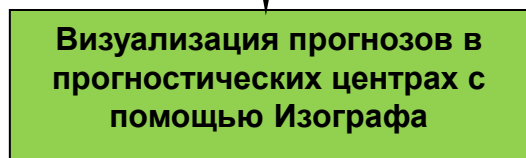
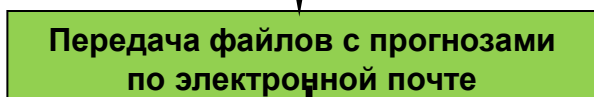
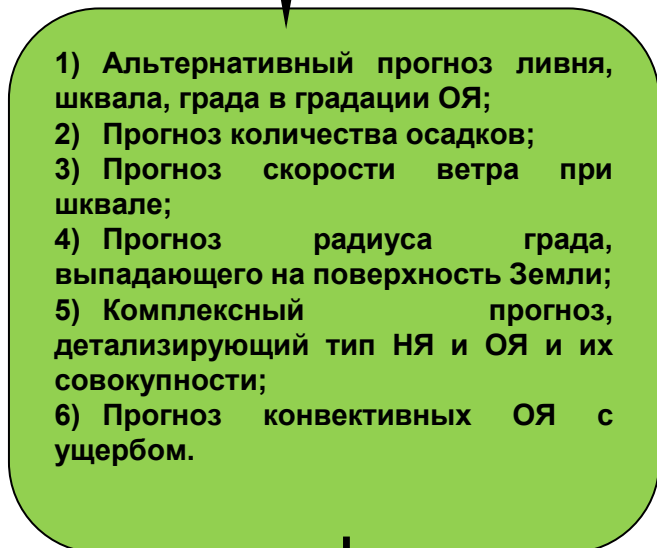
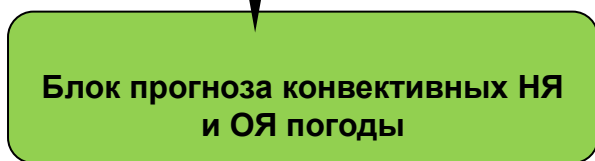
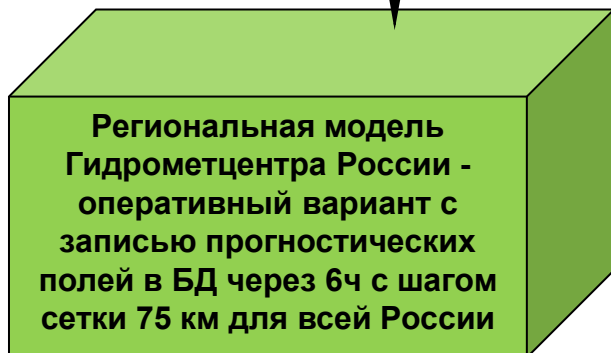
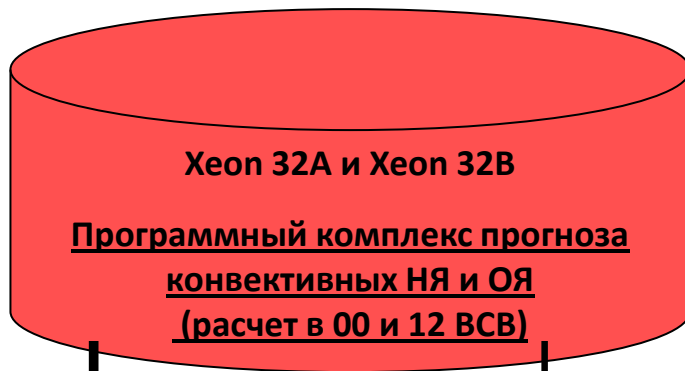


**Алексеева А.А., Васильев Е.В.,
Лосев В.М., Бухаров В.М.**



СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРОГНОЗА ОПАСНЫХ КОНВЕКТИВНЫХ ЯВЛЕНИЙ ПОГОДЫ

**III Всероссийская научно-практическая конференция
«Современные тенденции и перспективы развития гидрометеорологии в России»
25 - 27 ноября 2020 г**



ПРОГНОСТИЧЕСКИЕ ЗАВИСИМОСТИ

Дискриминантные функции для двух классов явлений: ливневых осадков с количеством ≥ 50 мм/12 ч ($L_{явл}$) и без них ($L_{б.явл}$):

$$L_{явл} = 0.242W_m + 1.621Td_3 + 0.068\Delta P_3 + 0.475\overline{d_{8,7}} - 18.0$$

$$L_{б.явл} = 0.117W_m + 1.425Td_3 + 0.002\Delta P_3 + 0.618\overline{d_{8,7}} - 12.4$$

W_m - максимальная конвективная скорость,

Td_3 - температура точки росы у поверхности Земли, °С;

ΔP_3 - лапласиан приземного давления, гПа/(600км)²;

$\overline{d_{8,7}}$ - средний дефицит точки росы в слое 850-700 гПа, °С

Дискриминантная функция ($L_{шк}$) для прогноза шквалов в градации ОЯ:

$$L_{шк} = W_m + 2.16\Delta P_3 - 35$$

Прогноз максимального количества осадков:

$$Q_{max} = Q_{max1} \cdot \chi + Q_{max2} \cdot (1 - \chi) \quad (\text{мм/12 ч})$$

$$Q_{max1} = b k_0$$

$$b = 4,36 \text{ мм} \cdot \text{с/м};$$

$$Q_{max2} = L k_0 W_m$$

k_0 — коэффициент генерации осадков, выраженный через упорядоченные вертикальные движения на уровне 850 гПа.

Плотность конвективных струй χ , средние значения которой в летние месяцы находятся в интервале 0,29—0,38.

Коэффициент на интенсивность конвекции $L = f(W_m)$

Автоматизированный метод прогноза осадков с детализацией интенсивности в трех градациях (от 15 до 34,9 мм/12ч, от 35 до 49,9 мм/12ч и ≥ 50 мм/12ч) с заблаговременностью 12 и 24 ч. является результатом комплексирования результатов двух методов прогноза: метода прогноза максимального количества осадков – основы прогноза во всех градациях; и альтернативного метода прогноза ливней градации ОЯ – уточняющего для градации осадков 50 мм/12 ч и более.

Автоматизированный метод прогноза шквалов с детализацией интенсивности по градациям (от 20 до 24,9 м/с, от 25 до 32,9 м/с и ≥ 33 м/с) является результатом комплексирования двух методов: прогноза скорости ветра при шквалах (прогностическая зависимость представлена ниже) и альтернативного прогноза шквалов в градации ОЯ, представленного выше.

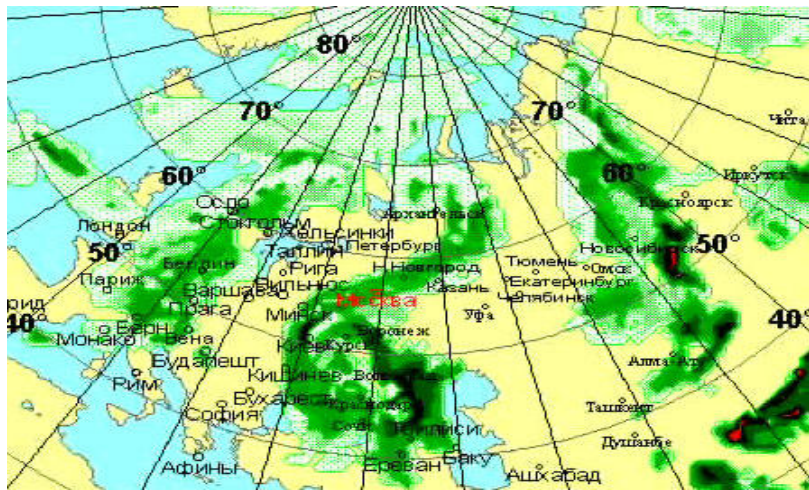
Прогноз максимальной скорости ветра V (м/с) при сильных шквалах рассчитывается с помощью уравнения регрессии:

$$V = a \cdot W_m^{\frac{1}{n}} \cdot \left[(|\bar{v}| + b) \cdot (\Delta P + c) \right]^{\frac{1}{m}} + d \cdot (|\bar{v}| + g)^{\frac{1}{k}} + f \cdot |\bar{v}| - C$$

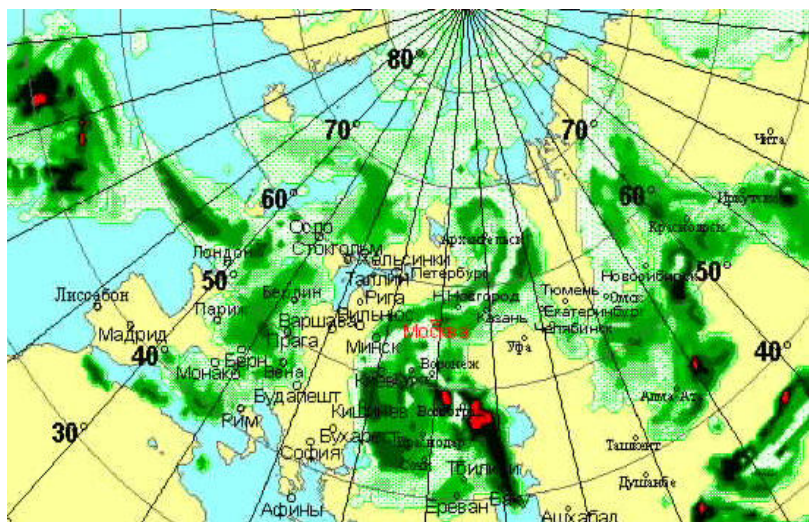
$|\bar{v}|$ – модуль средней векторной скорости ветра в слое 700-500 гПа;

b, c, g – оптимальные для шквала значения параметров; a, d, f, C – эмпирические коэффициенты.

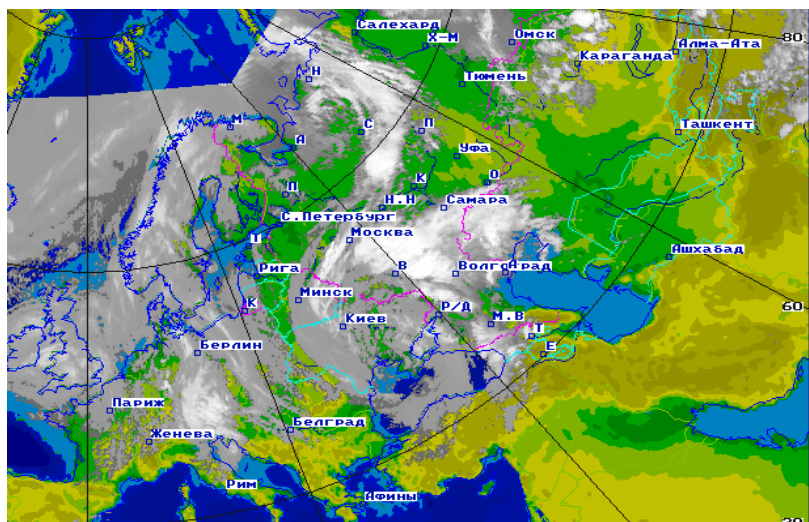
Прогноз града: $L = aW_{mm}^n - bH_0 + c$



а) 12 ч ВСВ, заблаговременность прогноза 24 ч

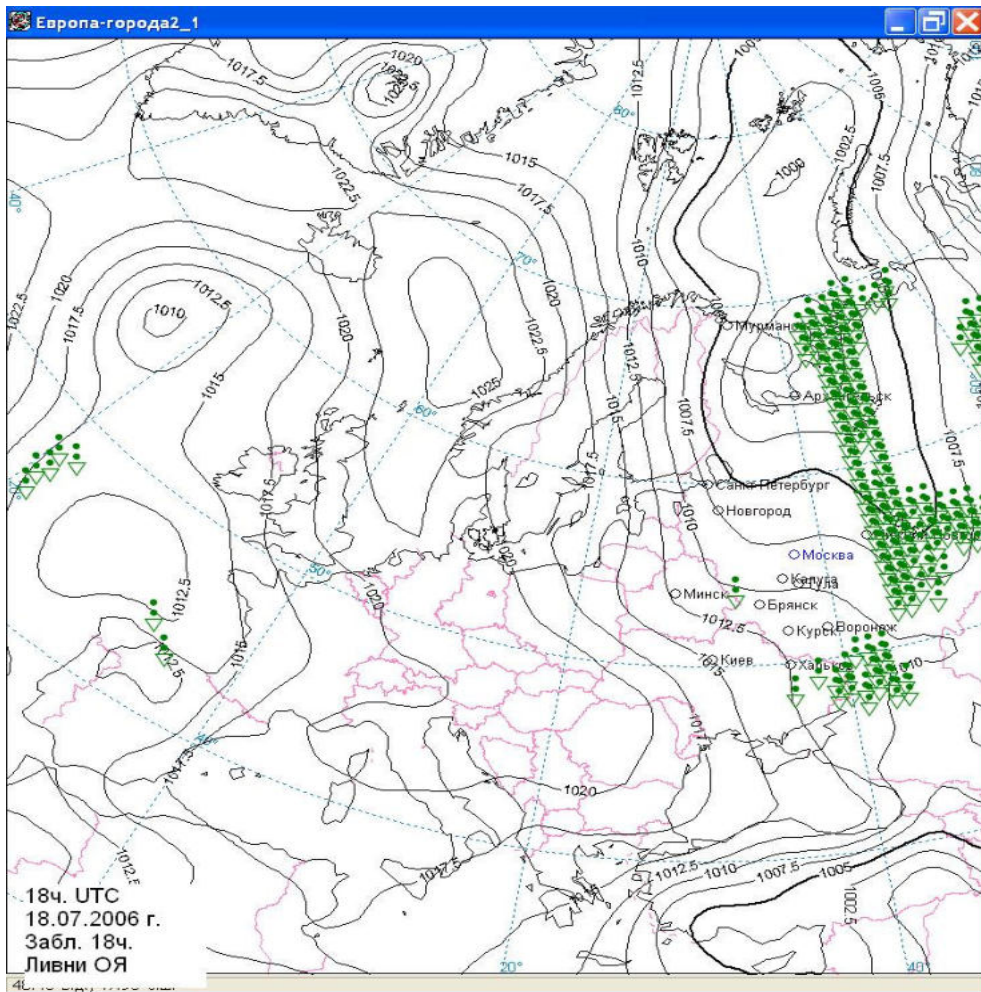


б) 12 ч ВСВ, заблаговременность прогноза 12 ч

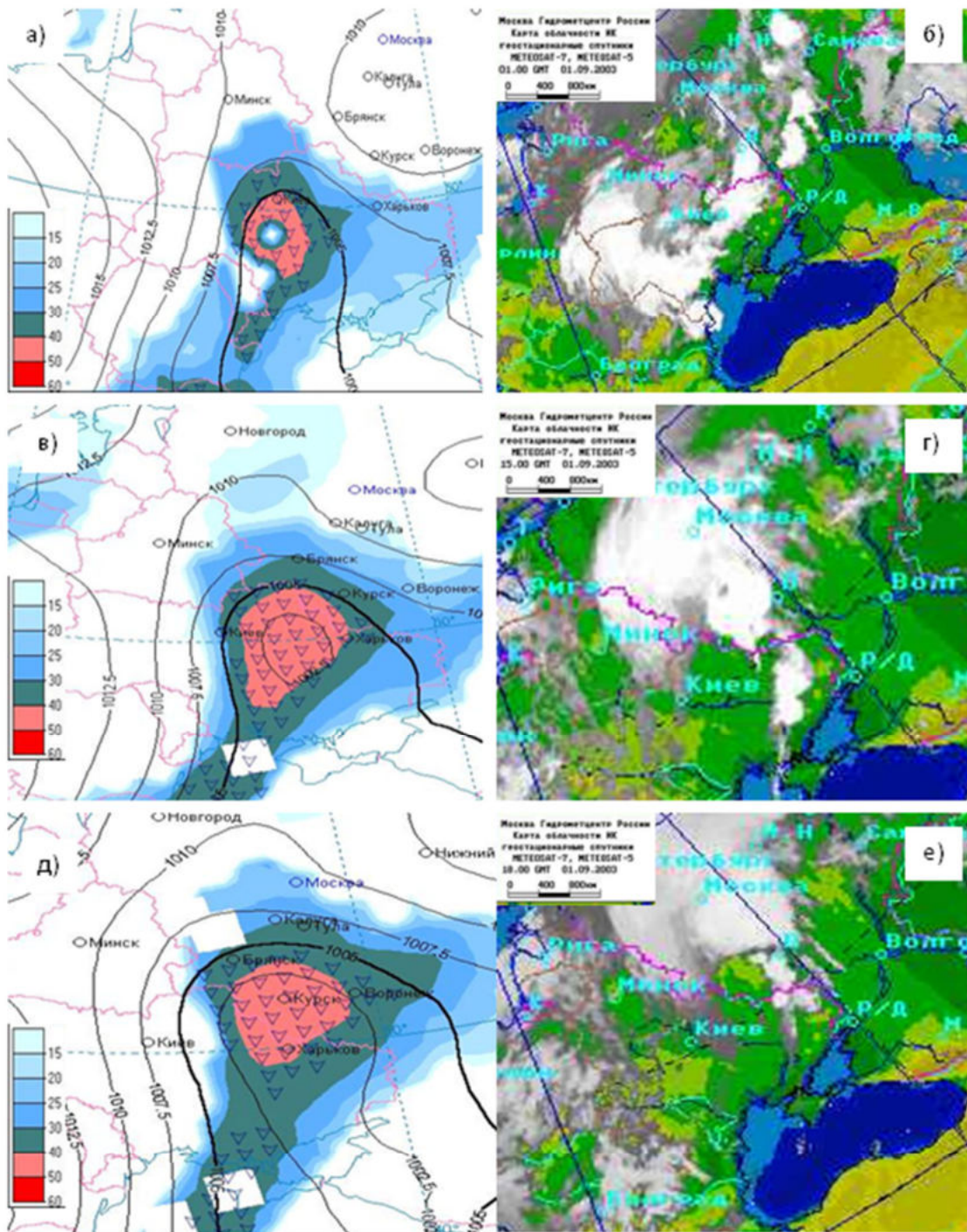


в) 12 ч 30 мин ВСВ МЕТЕОСАТ - 5, -7.

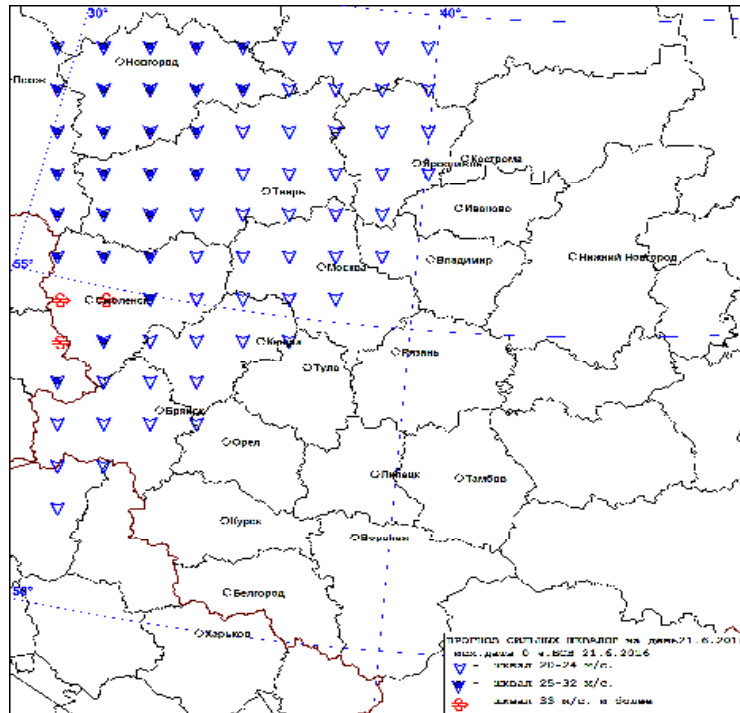
Прогностические карты количества осадков на 6.06.2001г. и снимок облачности с ИСЗ



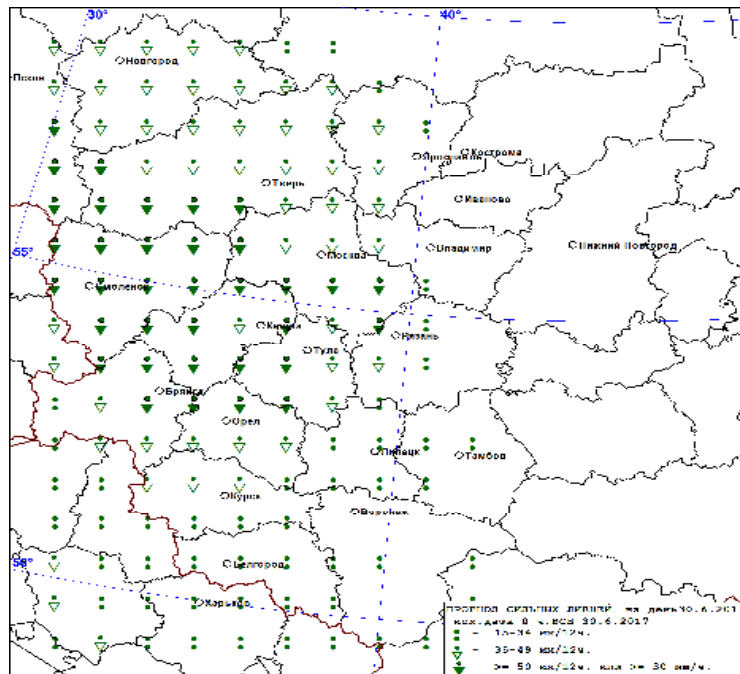
Пример прогноза ливней в градации ОЯ



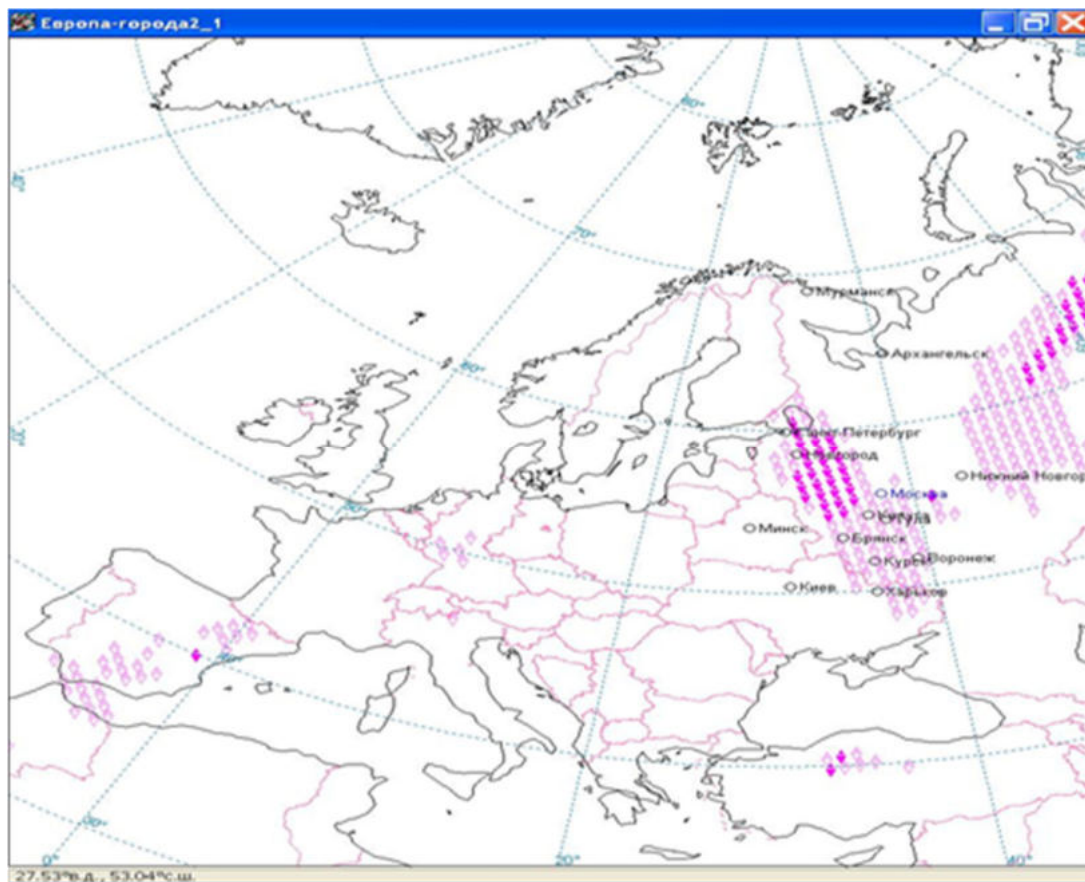
Прогноз максимальной приземной скорости ветра (м/с) (закрашенные области), включая шквалы; альтернативный прогноз ветра в градации опасных явлений (≥ 25 м/с), включая шквалы (значки шквала) и барического поля на изобарической поверхности 1000 гПа (изолинии) на сроки 6 (а), 12 (в) и 18 ч (д) ВСВ 1 сентября 2003 г. по исходному сроку расчета 12 ВСВ 31 августа 2003 г. (заблаговременность прогнозов 18, 24 и 30 ч) и карты облачности ИК геостационарных спутников Meteosat-7 и Meteosat-5 за сроки 1 (б), 15 (г) и 18 ч (е) ВСВ 1 сентября 2003 г.



Пример прогноза шквалов в трех градациях интенсивности

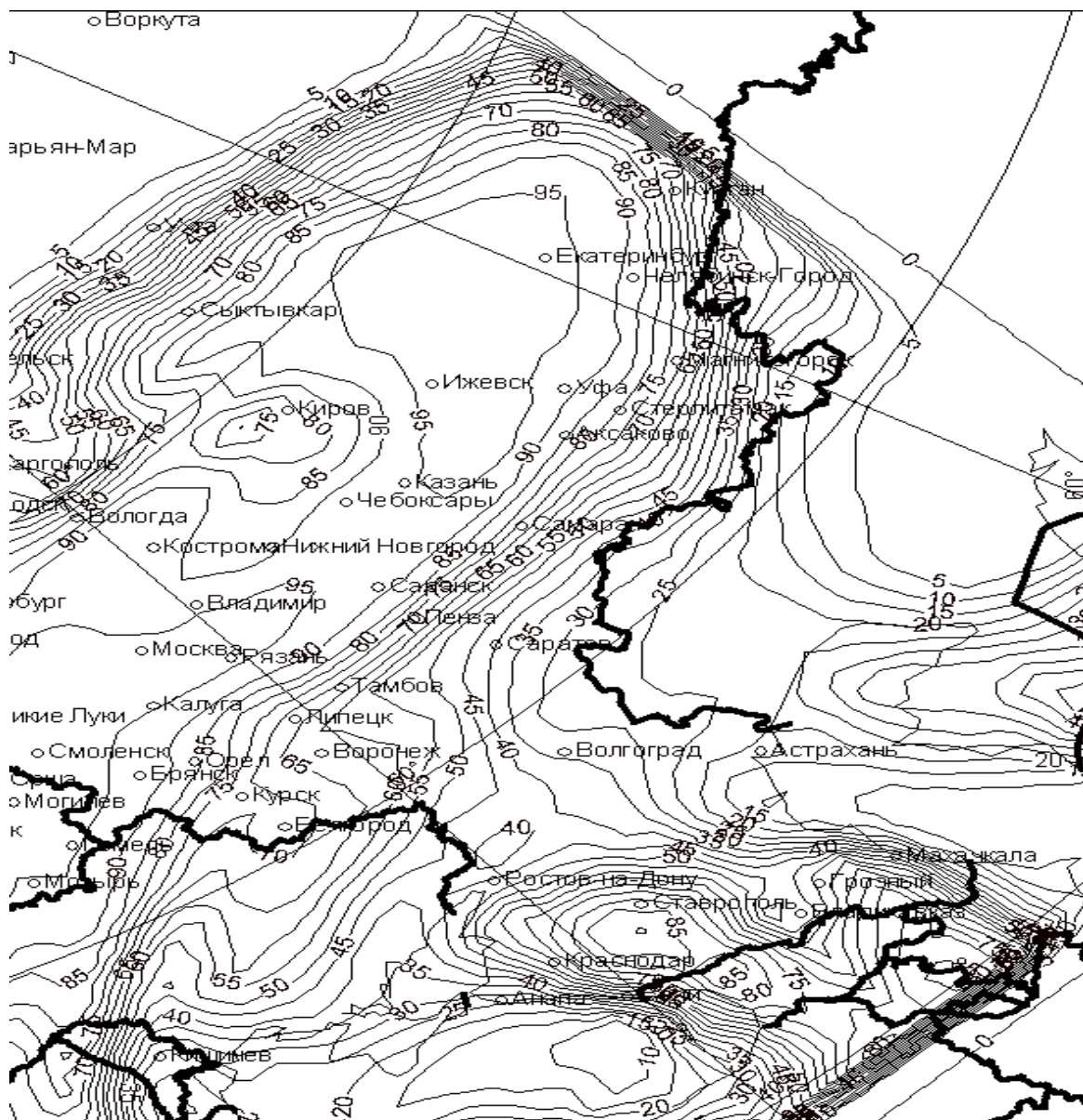


Пример прогноза ливней в трех градациях интенсивности

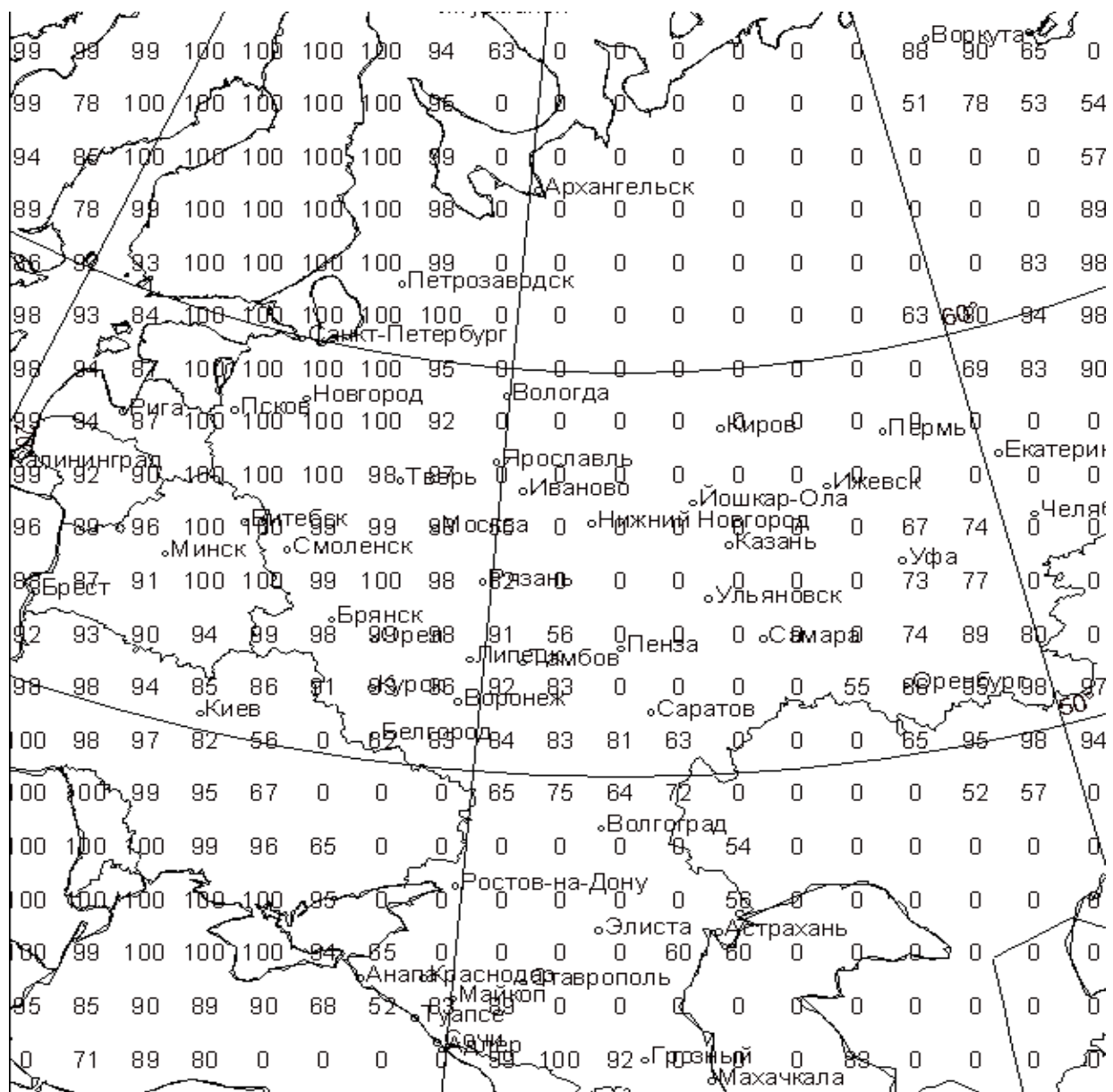


◆ - град в градации НЯ; ◆ - град в градации ОЯ.

Пример прогноза града в 2-х градациях интенсивности за полусутки на срок 18 ВСВ 13.07.2007г.

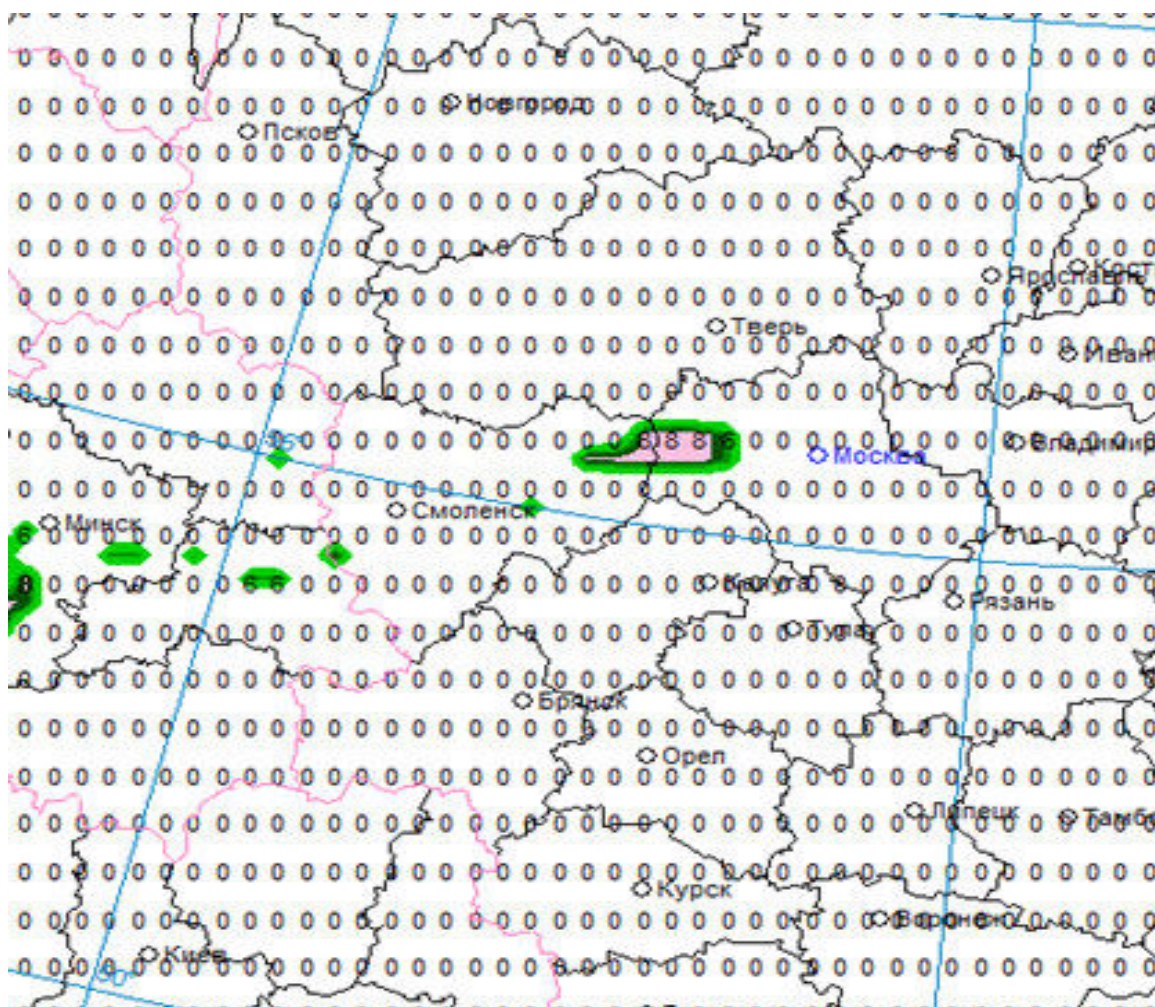


Пример прогноза скорости ветра на 13.06.2010 г. с заблаговременностью 12 ч. гидродинамико-статистическим методом. Область прогноза ветра скоростью 25 м/с и более выделяется изолинией пороговой вероятности $P=60\%$.



Пример прогноза сильных осадков ≥ 15 мм/12ч на день 30.06.2013 г.
(заблаговременность 18 ч) гидродинамико-статистическим методом

Примечание: Для прогнозов с заблаговременностью 18 ч для сильных осадков ($Q \geq 15$ мм/12ч) пороговая вероятность $P_{пор} = 98\%$.



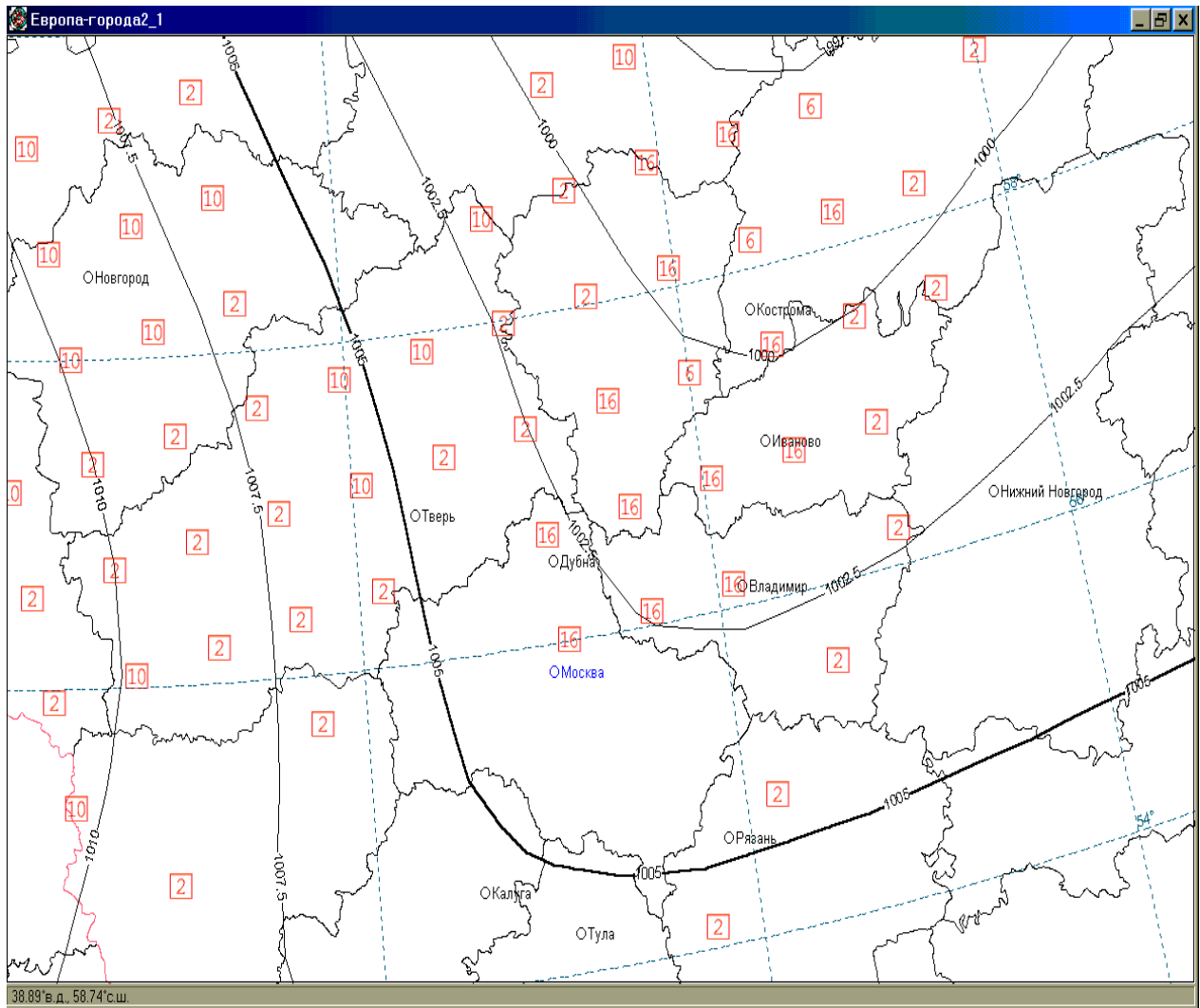
Примечание – цифра 6 на карте – «сильный шквал» (скоростью 22-24 м/с); цифра 8 на карте – «очень сильный шквал» (скоростью 25-32 м/с).

**Прогноз сильных шквалов [метод Васильева Е.В.] на 18 ВСВ
13.07.2016г. с заблаговременностью 18ч.**

*Метод прогноза конвективных комплексов с
неблагоприятными и опасными явлениями погоды*

В данном методе прогноза учитываются рассчитанные альтернативные прогнозы явлений (ливней, града, шквалов) с детализацией интенсивности, за исключением прогноза сильных ливней в градации 15-34.9 мм/12ч., т.к. эта градация не характеризует ливни, как неблагоприятное или опасное явление. Шквалы градации опасных явлений и ураганов рассматриваются в единой градации, как опасные явления. Всего выделено 26 типов явлений, которым присваивается определенная цифра «кода» в пределах этой типизации. Присвоенные цифры «кода» отражают степень опасности явлений или их комплексов, увеличиваясь в сторону более опасных. Цифра «9» зарезервирована для случаев отсутствия прогнозов. Цифра «0» зарезервирована для случаев прогноза отсутствия явлений. Остальные цифры «кода» от «1» до «27» соответствуют типизации, представленной в таблице ниже.

Типизация явлений		Цифры «кода»
Тип явления	Детализация типов	
Одно явление в градации НЯ	Град	1
	Шквал	2
	Ливень	3
Комплексы двух явлений в градации НЯ	Ливень и град	4
	Шквал и град	5
	Ливень и шквал	6
Комплекс трех явлений в градации НЯ	Ливень, град и шквал	7
Одно явление в градации ОЯ	Град	8
	Шквал	10
	Ливень	11
Комплексы двух явлений в градациях ОЯ и НЯ	Шквал ОЯ и град НЯ	12
	Ливень ОЯ и шквал НЯ	13
	Ливень ОЯ и град НЯ	14
	Шквал НЯ и град ОЯ	15
	Ливень НЯ и шквал ОЯ	16
	Ливень НЯ и шквал ОЯ	17
Комплексы двух явлений в градациях ОЯ	Ливень и шквал	18
	Шквал и град	19
	Ливень и град	20
Комплексы трех явлений: двух в градации НЯ и одного в градации ОЯ	Ливень и град в градации НЯ, шквал в градации ОЯ	21
	Ливень и шквал в градации НЯ, град в градации ОЯ	22
	Град и шквал в градации НЯ, ливень в градации ОЯ	23
Комплексы трех явлений: двух в градации ОЯ и одного в градации НЯ	Град и шквал в градации ОЯ, ливень в градации НЯ	24
	Ливень и шквал в градации ОЯ, град в градации НЯ	25
	Ливень и град в градации ОЯ, шквал в градации НЯ	26
Комплексы трех явлений в градации ОЯ	Ливень, град и шквал в градации ОЯ	27



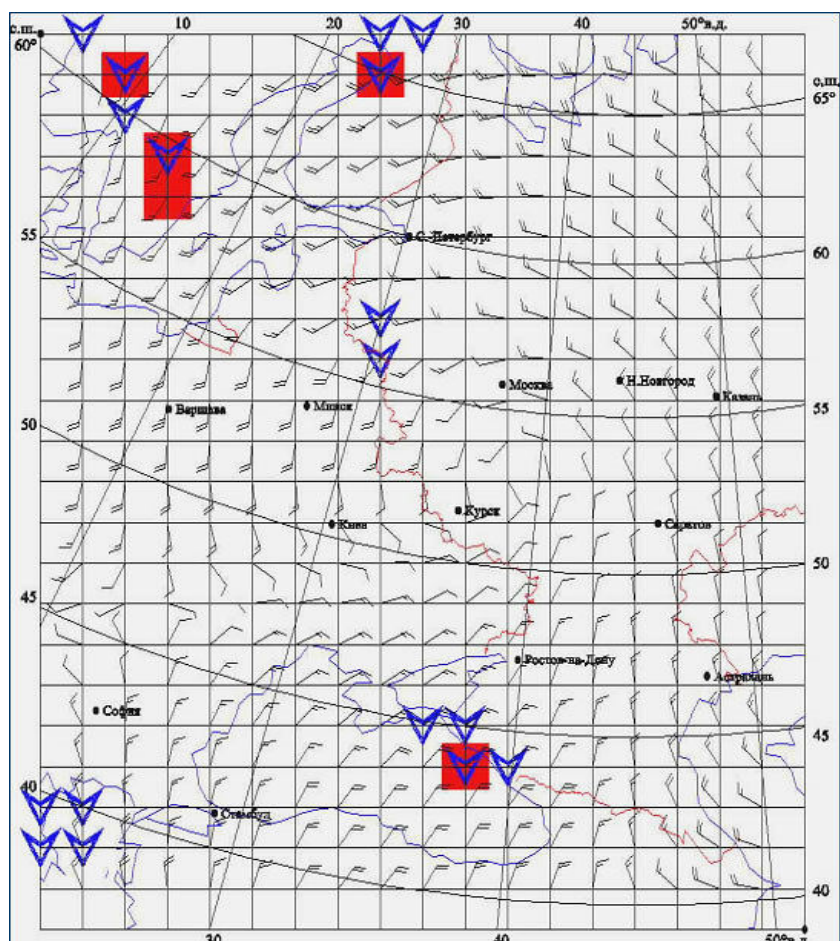
Пример прогноза конвективных НЯ и ОЯ на 26 июня 2005г. на срок 12 ВСВ
(2 – шквал НЯ; 6 – комплекс ливня и шквала НЯ; 10 – шквал ОЯ; 16 – комплекс ливня НЯ и шквала ОЯ).

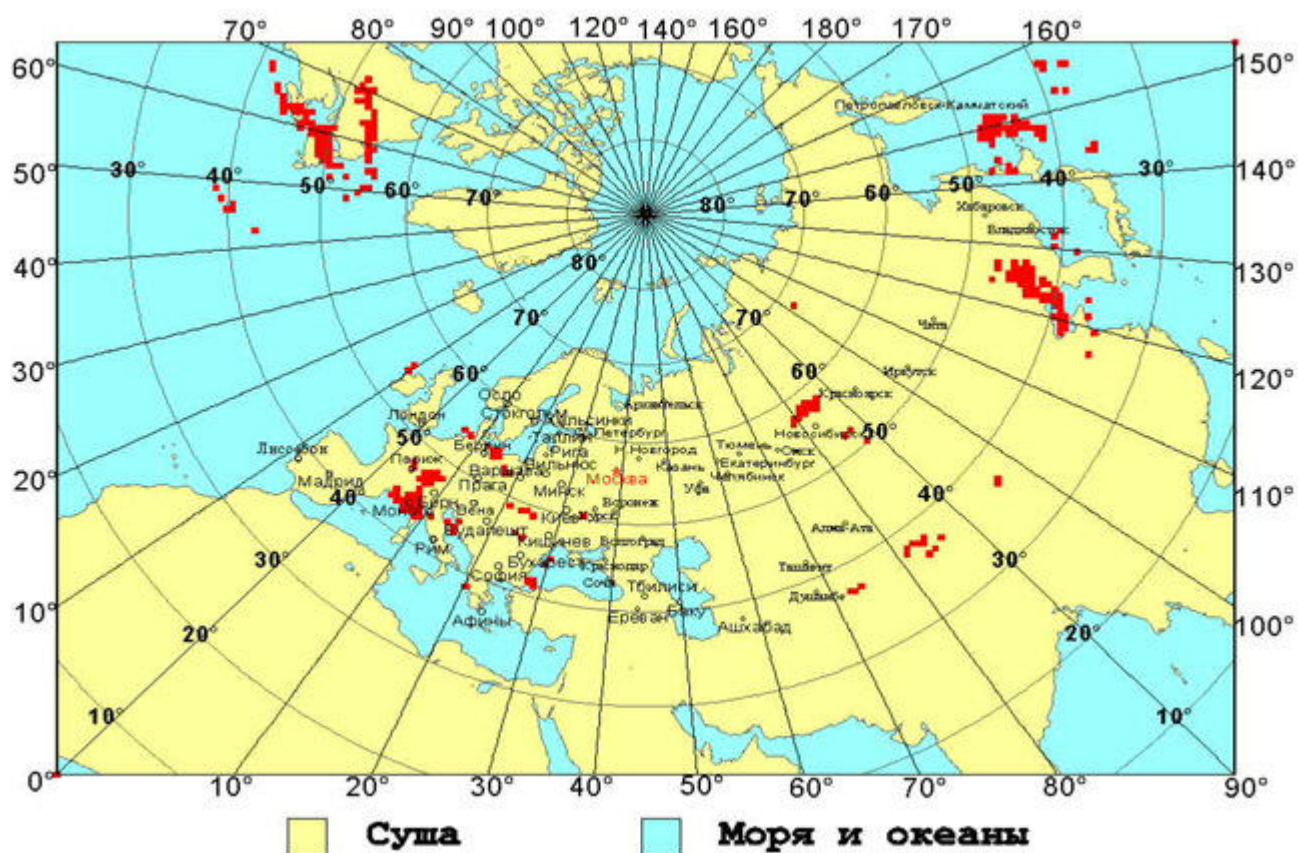
Метод прогноза неблагоприятных и опасных конвективных явлений погоды, а также их совокупности, приносящих значительный ущерб отраслям экономики

$$L=2W_m - 0,52\tau_{850} - 0,16 \Delta\tau_{850} - 90$$

Прогностическая дискриминантная функция, построенная с учетом максимальной конвективной скорости (W_m), вертикальных упорядоченных движений на изобарической поверхности 850 гПа (τ_{850}) и их изменений за сутки ($\Delta\tau_{850}$), определяет соотношение мезомасштабных и крупномасштабных процессов, их эволюцию при развитии конвективных ОЯ со значительным ущербом.

Пример прогностической карты опасных конвективных явлений с ущербом и шквалов градации ОЯ на 19.07.2001г. на основе данных объективного анализа





Пример прогноза конвективных ОЗ с ущербом на 06.08.2006г. на основе выходных данных региональной модели Гидрометцентра России

С целью уточнения автоматизированных прогнозов разрабатывается автоматизированная технология диагноза максимальных конвективных скоростей, интенсивности, ежечасных и полусуточных сумм ливневых осадков, града и его размера, шквалов по данным сети ДМРЛ-С.

Зависимости для диагностирования:

Максимальной конвективной скорости:

$$Wm = 1,33 [0,038 Hm (dBZm - 18) + 3,52] + 4,0$$

Интенсивности ливневых осадков: $\bar{I} = 0,00043 Wm^2$

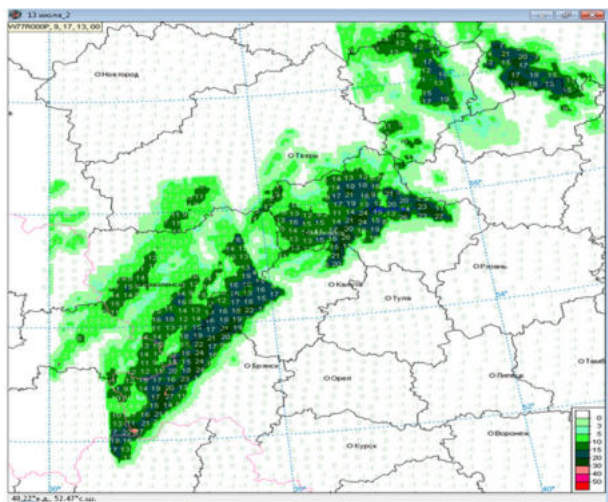
Факта выпадения града: $L_5 = 0,004 Hm (dBZm - 18,0) - H_0 + 1,7.$

Радиус града в облаке по данным ДМРЛ-С:

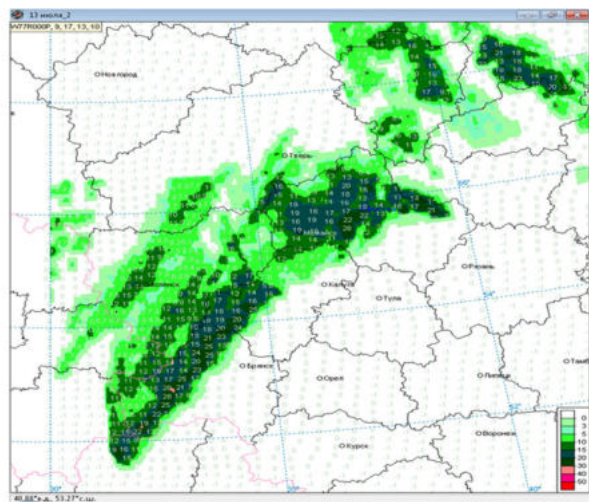
$$r_0 = \frac{[1,33 (0,038 Hm (dBZd - 18) + 3,52) + 4]^2 \cdot 10^4}{\gamma^2}.$$

$$r_{раст} = 0,13H_0$$

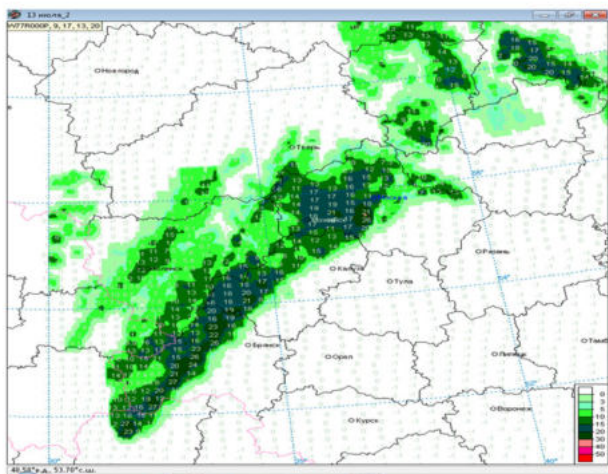
$$R_{земля} = r_0 - r_{раст}$$



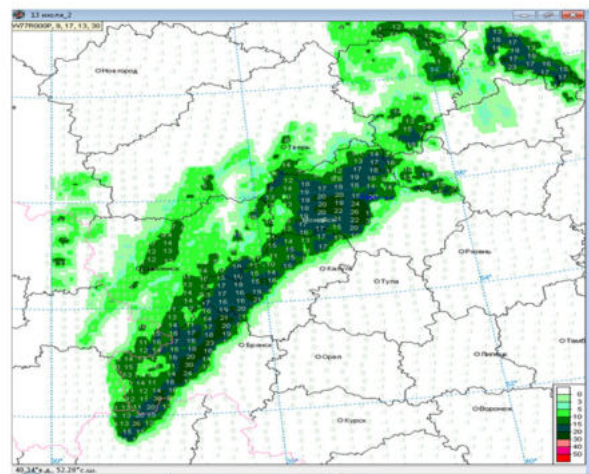
а)



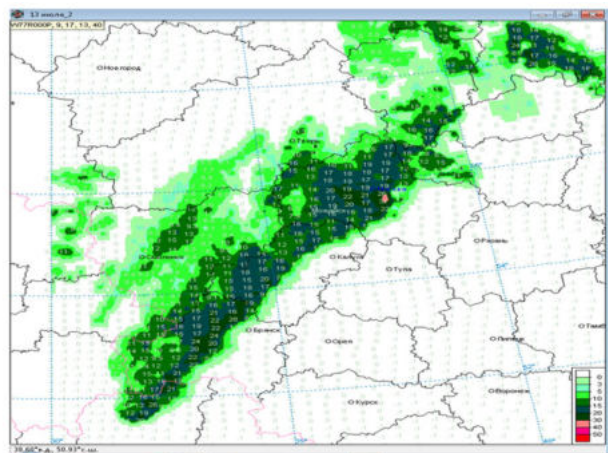
б)



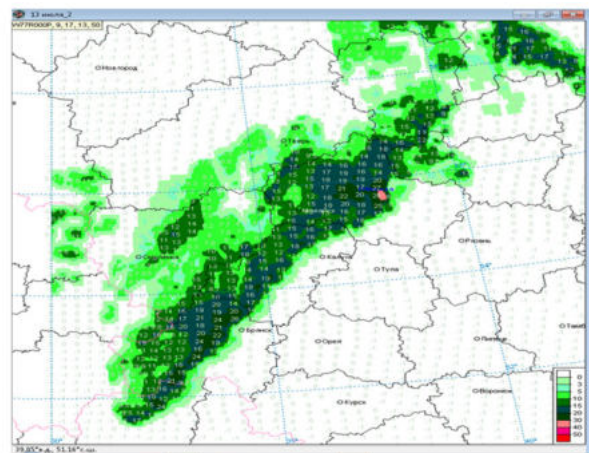
в)



г)

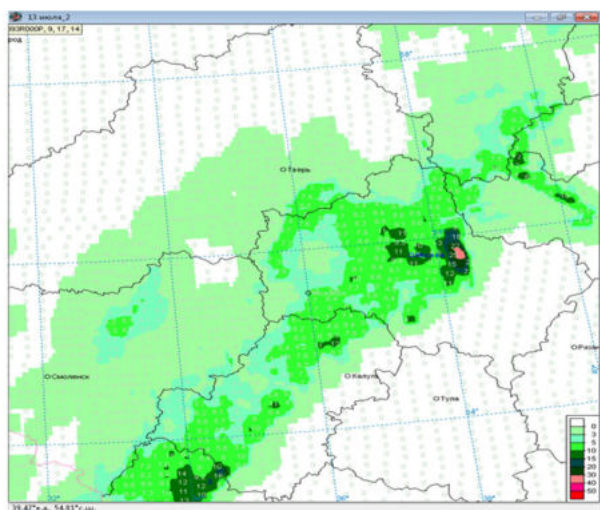


д)

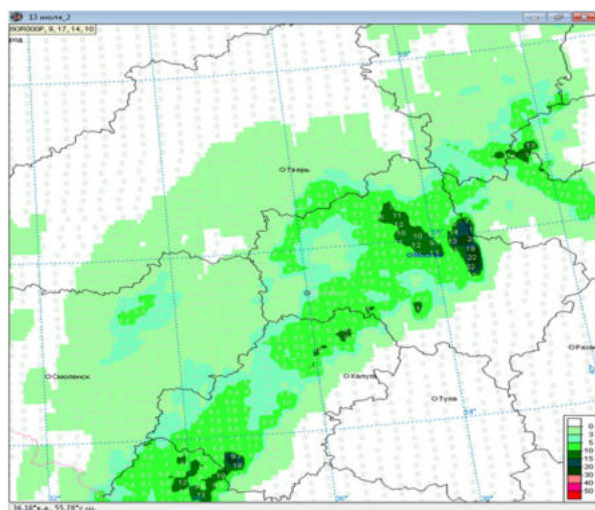


е)

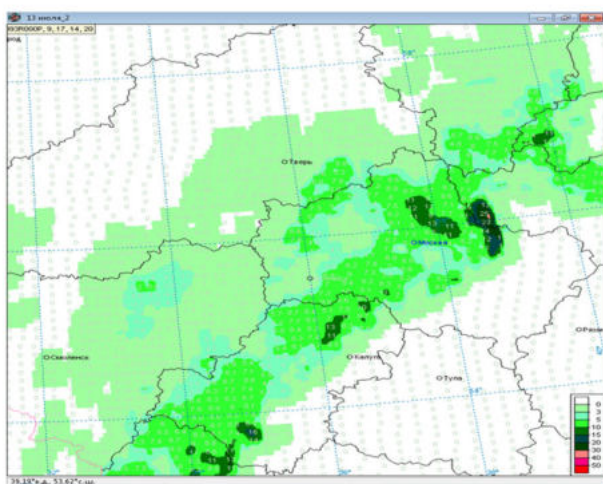
Фрагменты карт диагностирования максимальной конвективной скорости (м/с) по данным сети ДМРЛ-С за период 13.0 (а), 13.10 (б), 13.20 (в), 13.30 (г), 13.40 (д) и 13.50 (е) ВСВ 17.09.2020 г.



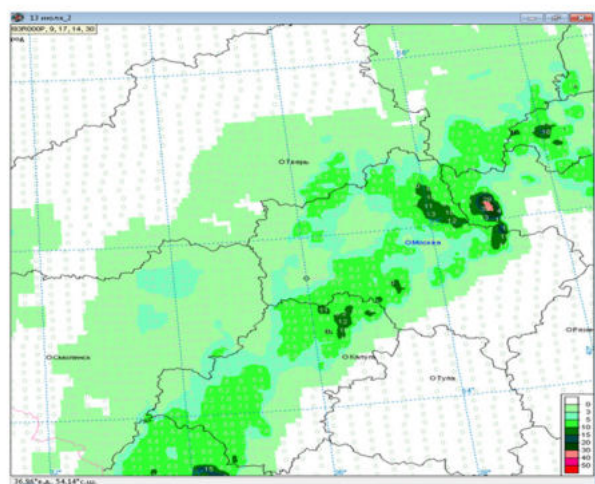
а)



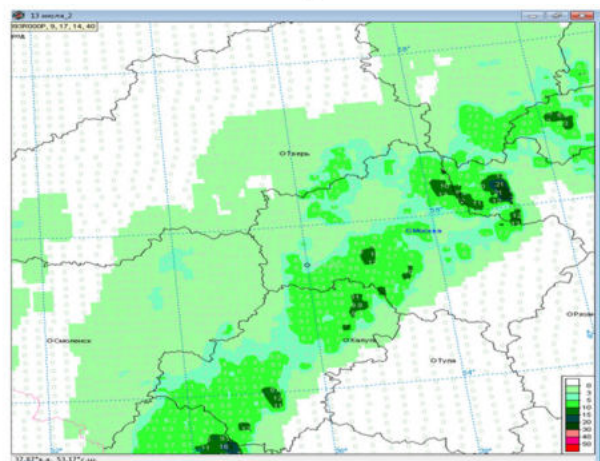
б)



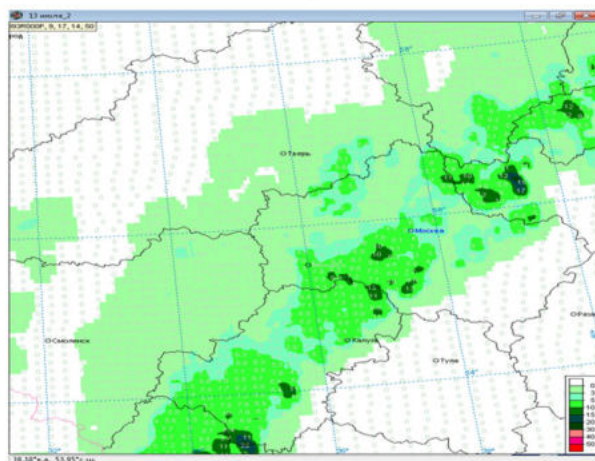
в)



г)

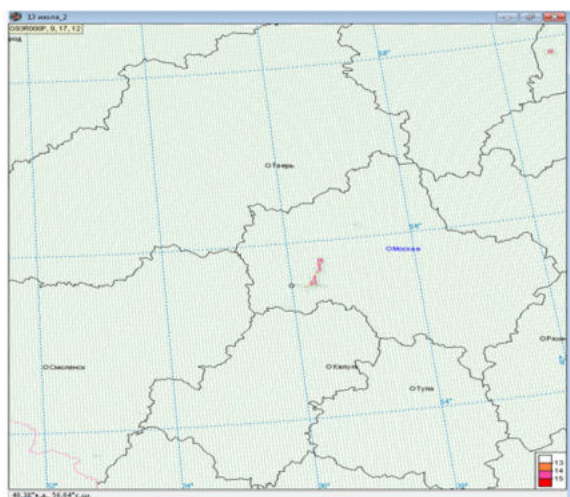


д)

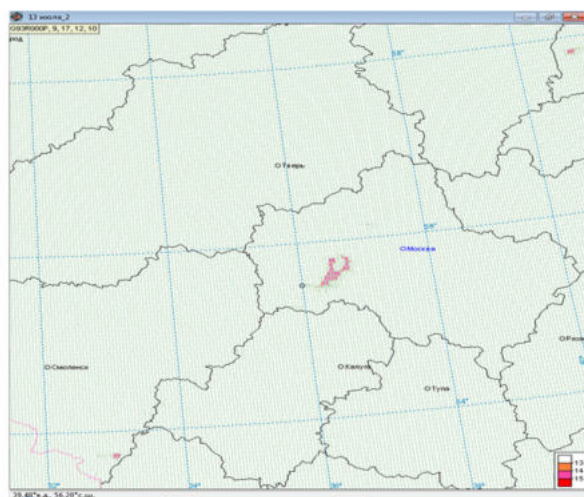


е)

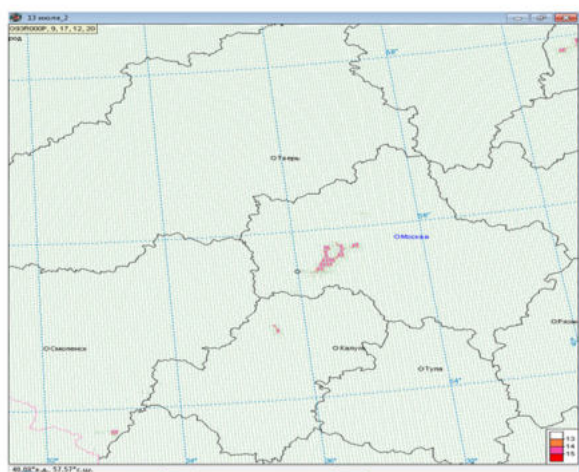
Фрагменты карт диагностирования интенсивности ливневых осадков (мм/ч) по данным сети ДМРЛ-С за период 14.00 (а), 14.10 (б), 14.20 (в), 14.30 (г), 14.40 (д) и 14.50 (е) ВСВ 17.09.2020 г.



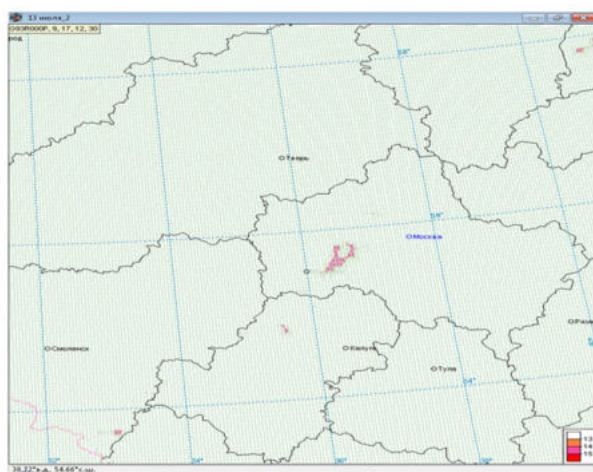
а)



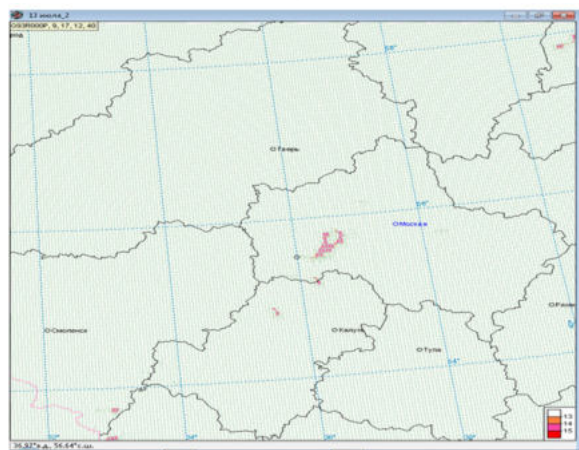
б)



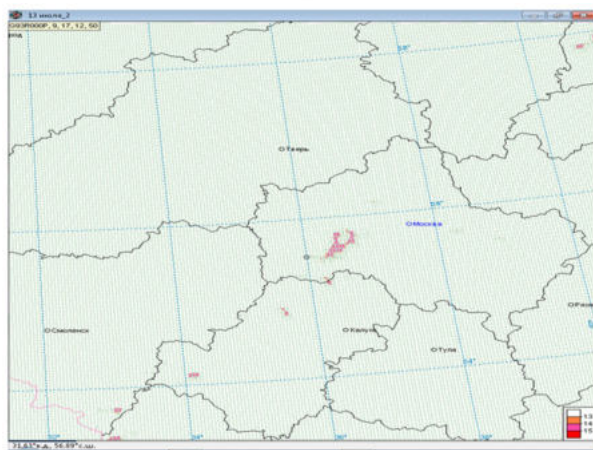
в)



г)

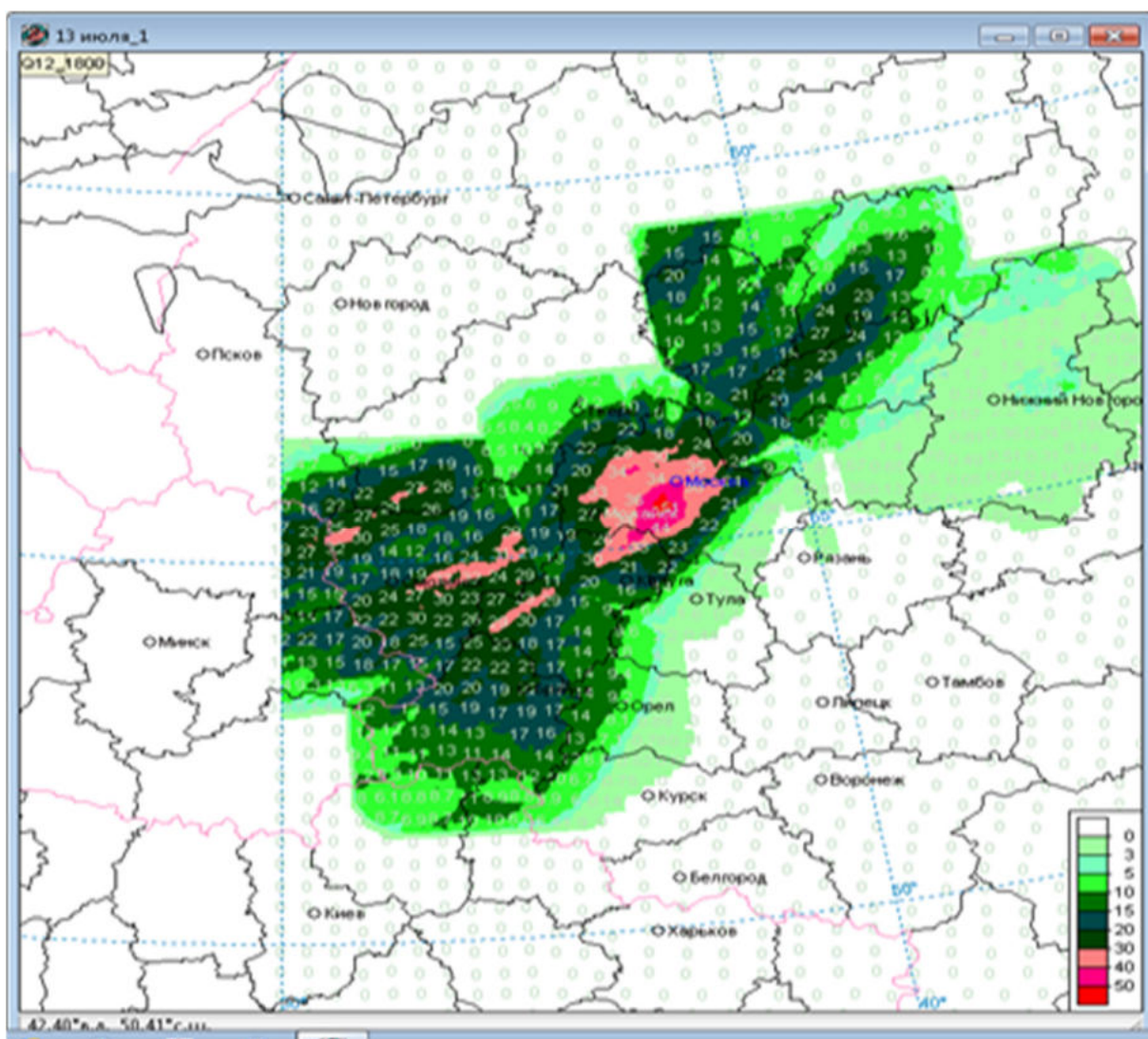


д)



е)

Фрагменты карт диагностирования града в трех градациях (в цифрах кода, слабый, умеренный, сильный) по данным сети ДМРЛ-С за период 12.0 (а), 12.10 (б), 12.20 (в), 12.30 (г), 12.40 (д) и 12.50 (е) ВСВ 17.09.2020 г.



Фрагмент карты диагностирования накопленных полусуточных сумм осадков по данным сети ДМРЛ-С за период 09-18 ВСВ 17.09.2020г.

Перспективным направлением является развитие подходов к прогнозированию опасных конвективных явлений погоды как в рамках мезомасштабных гидродинамических моделей, так и на основе их выходных данных. Следует учесть не только зарубежные научные разработки в области прогноза опасных конвективных явлений, но и богатый багаж знаний в этой области советских и российских ученых, накопленный за 60-летний период. Следует заметить, что как совершенствование подходов к диагнозу опасных конвективных явлений погоды на основе современных радиолокационных данных сети ДМРЛ-С или данных метеостанций открывает новые возможности совершенствования подходов к их прогнозированию, так и применение наработок по прогнозированию — совершенствует их диагностирование. Таким образом, комплексные исследования, включающие исследования по диагностированию и прогнозированию опасных конвективных явлений погоды, позволяют совершенствовать оба направления исследований, углублять физические основы используемых подходов, совершенствовать алгоритмы расчетов.

**СПАСИБО
ЗА ВНИМАНИЕ!**

