

**Автоматизированные прогнозы опасных летних
шквалов и сильных и опасных
осадков и особенности их возникновения на
Европейской территории России
в течение аномально теплых летних сезонов
2024-2025гг**

Переходцева Э.В., РТУ МИРЭА,

Золин Л.В., ФГБУ Гидрометцентр РФ

**XXIII Международная конференция
«Современные проблемы дистанционного зондирования Земли
из космоса»,
г. Москва, 10-14 ноября 2025г.**

Введение

- На предыдущих наших конференциях на секции D по исследованию атмосферных процессов частично рассказывалось о разработке объективного прогноза сильных шквалов и смерчей со скоростями ветра, равными и превышающими 25м/с (90км/час), как и об автоматизации этих прогнозов с помощью автоматизированной гидродинамико-статистической модели, использующей в качестве входных параметров в нашей статистической модели диагноза и прогноза этих явлений прогностические поля гидродинамических моделей краткосрочного прогноза. Рассказывалось о развитии и усовершенствовании этой модели, на которой основан оперативный автоматизированный прогноз этих опасных явлений, приносящих большой экономический ущерб и порой человеческие жертвы.
- Не меньшие экономические потери приносят и очень сильные осадки, особенно летние ливневые осадки, зачастую сопровождающиеся градом. И те, и другие явления вызваны активной конвекцией, связаны с развитием мощной кучево-дождевой облачности. Для возникновения таких явлений в атмосфере должны сложиться определенные аэросиноптические и термодинамические условия, характеризующиеся значениями целого ряда параметров (предикторов), которые и были отобраны для каждого из этих явлений из большого числа (38) потенциальных предикторов, рассчитываемых гидродинамической моделью с использованием разработанных нами статистических алгоритмов отбора и сжатия информации.
- В синоптической практике прогнозирование таких явлений даже с заблаговременностью 12-18ч. является очень трудной и весьма актуальной задачей. Синоптики дают штормовое предупреждение об опасном ветре и очень сильных осадках за 3ч.. При этом методы гидродинамико-статистического автоматизированного прогноза проходили независимые испытания, показали достаточно хорошую успешность, они рекомендованы для использования в синоптической практике. Сейчас на сайт выкладываются карты прогноза этих явлений с заблаговременностью 12-24-36-48ч за 2 срока 00ч и 12ч ВСВ).

Метеорологическая обстановка в течение летних сезонов 2024-2025г.г.

Летние сезоны 2024-25гг, как известно, на европейской части России были исключительно аномально теплыми. Положительные аномалии средней суточной температуры зачастую достигали уже 7-10 градусов, а местами и 12 градусов, в то время, как в предыдущие достаточно теплые годы эти аномалии, как правило, составляли 5-7 градусов, что безусловно связано с постепенным потеплением климата, вызванным и повышением температуры Мирового океана, приводящим к значительному изменению в поведении атмосферных процессов и к непредусмотренным в прогнозе опасным конвективным явлениям..

Максимальные температуры достигали в Воронежской и Тамбовской областях -до 38, местами до 40 градусов, в ЦФО в Московской, Курской, Белгородской, Рязанской, Орловской областях –до 35,5 градуса, в Самарской, Ульяновской, Саратовской областях, Калмыкии жара достигала местами – 38-40-41 градус., Причем такая аномальная жара держалась достаточно долго. В Орловской за помощью обратились около 20 человек, были и госпитализированы в результате теплового удара 7человек.

В Южном Федеральном округе, куда теперь также входят республика Крым и новые республики, кроме Волгоградской и Ростовской областей и Краснодарского края и Адыгеи, также наблюдалась аномально жаркая погода.

.. Естественно, что при необычно жаркой антициклонической погоде опасные шквалы не возникали. И надо отметить, что суммарное их количество по донесениям со станций и по сведениям очевидцев не превысило 33 случая в год (ранее было 42-45 случаев). При этом при появлении из Европы циклонов, приносящих влажный воздух, возникали сильные и очень сильные осадки. Их количество сильно возросло, оно увеличилось еще и потому, что после периода сильной жары в средней тропосфере и погранслое формировался слой испарившейся влаги, немедленно обрушивающейся на землю при понижении и температуры, и давления. Интенсивность и повторяемость очень сильных и сильных осадков значительно увеличилась по сравнению с прошлыми годами, особенно это относится к сильным ливневым осадкам.

Модель гидродинамико-статистического прогноза шквалов, смерчей и сильных летних шквалов двух классов по данным полусферной модели

С развитием оперативных гидродинамических моделей в Гидрометцентре встал вопрос о разработке оперативного автоматизированного прогноза двух классов этих явлений (со скоростью ветра более 19м/с и **со скоростью ветра более 24м/с**). Была в результате на данных объективного анализа создана с использованием того же байесовского подхода и описанного алгоритма сжатия признакового пространства модель гидродинамико-статистического прогноза. При этом исследовались уже 38 потенциальных предикторов, которые прогнозировались оперативной полусферной гидродинамической моделью атмосферы. На новых архивах обучающих выборок были тем же методом рассчитаны новые дискриминантные функции для двух классов сильных летних ветров, включая шквалы и смерчи.

**Перечень потенциальных предикторов для создания
гидродинамико-статистической модели прогноза шквалов.**

№	Об.	Параметры атмосферы	№	Об.	Параметры атмосферы
1	P	Давление на уровне моря	20	V_{925}	Верт. компонента скор. ветра на уровне 925 гПа
2	H_{1000}	Геопотенциал на уровне 1000 гПа	21	U_{850}	Горизонт. компонента скор. ветра на уровне 850 гПа
3	H_{850}	Геопотенциал на уровне 850 гПа	22	V_{850}	Вертикал. компонента скор. ветра на уровне 850 гПа
4	H_{700}	Геопотенциал на уровне 700 гПа	23	U_{700}	Горизонтальная компонента скор. ветра на уровне 700 гПа
5	H_{500}	Геопотенциал на уровне 500 гПа	24	V_{700}	Вертикальная компонента скор. ветра на уровне 700 гПа
6	H_{300}	Геопотенциал на уровне 300 гПа	25	U_{500}	Горизонтальная. компонента скор. ветра на уровне 500 гПа
7	T_3	Температура у поверхности земли	26	V_{500}	Вертикальная компонента скор.ветра на уровне 500 гПа
8	T_{925}	Температура на уровне 925 гПа	27	U_{300}	Горизонтальная компонента скор. ветра на уровне 300гПа
9	T_{850}	Температура на уровне 850 гПа	28	V_{300}	Вертикальная компонента скор. ветра на уровне 300гПа
10	T_{700}	Температура на уровне 700 гПа	29	W	Значение упорядоченных вертикальных движений

**Продолжение таблицы потенциальных предикторов
Для создания гидродинамико-статистического прогноза шквалов**

1 1	T_{500}	Температура на уровне 500 гПа	30	I_w	Значение индекса неустойчивости Вайтинга
1 2	T_{300}	Температура на уровне 300 гПа	31	U_{850} - U_{925}	Разность гор. компонент на уровнях 850 и 925 гПа
1 3	Td_3	Температура точки росы у земли	32	V_{850} - V_{925}	Разность верт. компонент на уровнях 850 и 925 гПа
1 4	D_{925}	Дефицит точки росы на уровне 925 гПа	33	U_{500} - U_{700}	Разность гор. компонент на уровнях 500 и 700 гПа
1 5	D_{850}	Дефицит точки росы на уровне 850 гПа	34	V_{500} - V_{700}	Разность верт. компонент на уровнях 500 и 700 гПа
1 6	D_{700}	Дефицит точки росы на уровне 700 гПа	35	T_3	Модуль гор. градиента температуры у земли
1 7	D_{500}	Дефицит точки росы на уровне 500 гПа	36	T_{925}	Модуль гор. градиента темп. на уровне 925гПа
1 8	D_{300}	Дефицит точки росы на уровне 300 гПа	37	T_{850}	Модуль гор. градиента темп. на уровне 850гПа
1 9	U_{925}	Горизонтальная компонента скорости ветра на уровне 925 гПа	38	ΔP_3	Лапласиан давления у земли

- **Критерии информативности – расстояние Махаланобиса и критерий минимальной энтропии Вапника-Червоненкиса**

- От каждого блока средней матрицы корреляции R в вектор-предсказатель выбирается один из наиболее информативных предикторов. Информативность предикторов оценивалась по расстоянию Махаланобиса Δ^2 :

- $\Delta^2 = (m_i(A) - m_i(B))^2 / \sigma^2$,

- где $m_i(A)$ и $m_i(B)$ – компоненты векторов математических ожиданий $M(A)$ и $M(B)$ - выборки присутствия и отсутствия явления A соответственно, σ^2 – средняя дисперсия.
- Также информативность предикторов оценивалась и по значениям минимальной энтропии Вапника-Червоненкиса H_{\min} [5].
- Критерий Δ^2 обычно используется для нормально распределенных случайных величин. Поскольку температура, давление, геопотенциал, средняя скорость ветра в различных слоях имеют распределение, близкое к нормальному, то критерий был использован для оценки информативности этих параметров как самый простой критерий. Критерий H_{\min} Вапника-Червоненкиса – более сложный непараметрический метод, однако группы наиболее информативных предикторов по обоим критериям практически совпали. Далее из каждого блока матрицы $R_{\text{ср}}$ выбирались в вектор-предсказатель наиболее информативные представители от каждого диагонального блока тесно связанных предикторов.

Дискриминантная функция

Линейная дискриминантная функция $U(\mathbf{X})$ имеет вид:

$$U(\mathbf{X}) = [\mathbf{X} - (\mathbf{M}(A) + \mathbf{M}(B))/2]' V^{-1} [\mathbf{M}(A) - \mathbf{M}(B)] + \\ + \ln[P(A) C(B/A)/P(B) C(A/B)],$$

где $\mathbf{M}(A)$ – вектор средних всех параметров для выборки присутствия A (A -явление шквала или смерча),

$\mathbf{M}(B)$ – вектор средних всех параметров для выборки отсутствия B (B - отсутствие явления шквала или смерча),

V – выборочная средняя матрица ковариации;

$P(A)$ – повторяемость явления A , $P(B)$ – повторяемость явления B ;

$C(B/A)$ – цена “пропуска цели”, т.е. ошибки I рода;

$C(A/B)$ – цена “ложной тревоги”, т.е. ошибки II рода.

При этом полагается, исходя из оценки наносимого ущерба, что цена “пропуска цели” много больше цены “ложной тревоги”, т.е. $C(B/A) \gg C(A/B)$;

Статистическое решающее правило прогноза шквалов и смерчей теоретически имеет вид:

если $U(\mathbf{X}) > 0$, то при неустойчивой стратификации прогнозируется возникновение явления A ;

если $U(\mathbf{X}) < 0$, то прогнозируется отсутствие явления A , т.е. прогнозируется явление B .

Дискриминантные функции $F_1(\mathbf{X})$ и $F_2(\mathbf{X})$, соответственно для прогноза явлений первого и второго классов, зависящие от значений прогностических полей региональной модели рассчитывались в узлах сетки модели. По значениям $F_1(\mathbf{X})$ и $F_2(\mathbf{X})$ в узлах сетки, покрывающей Европейскую территорию России (ЕТР) и СНГ, рассчитывались также вероятности возникновения явлений двух классов по формулам:

$$P_1(\mathbf{X}) = 1 / (1 + \text{EXP}(-F_1(\mathbf{X}))) \quad (2)$$

$$P_2(\mathbf{X}) = 1 / (1 + \text{EXP}(-F_2(\mathbf{X}))) \quad (3)$$

В модели были построены на данных объективного анализа статистические решающие правила диагноза и затем прогноза этих явлений, зависящие от значений семи предикторов, выбранных из 38 параметров – прогностических полей, рассчитываемых по нашей первой гидродинамической полусферной модели (автор- Беркович Л.В.), записываемых в банк данных АСООИ. Аналогично были вычислены дискриминантные функции для прогноза наличия или отсутствия осадков, наличия сильных и очень сильных осадков $F_3(\mathbf{X})$ и $F_4(\mathbf{X})$, а также по тем же формулам (2) и (3) и вероятностей прогноза для них – $P_3(\mathbf{X})$ и $P_4(\mathbf{X})$.

Прогноз штормового ветра $V > 24 \text{ м/с}$ на 20.06.1998г. по сроку 12ч СГВ от 19.06.1998г. на следующий день 20.06.1998г. с заблаговременностью 24ч

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
						R			A										
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
						S													
5	0	0	0	0	0	0	58	57	56	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
				T			P				S								
6	0	0	0	0	0	0	63	61	59	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
						SP*													
7	0	0	0	0	0	0	70	67	64	0	0	0	0	0	0	0	0	51	53
				R							V		P						
8	0	0	0	0	0	0	73	72	71	57	0	0	0	0	0	0	0	54	59
				K								I		E					
9	0	0	0	0	0	0	79	78	78	66	52	0	0	0	0	0	0	57	64
				V			*M	V	NN	K						4			
10	0	0	0	0	0	55	86	86	85	73	57	0	0	0	0	0	0	51	59
						M		K	R						UFA				
11	0	0	0	0	0	64	92	91	91	80	63	0	0	0	0	0	0	0	55
						O				P	S								
12	0	0	0	0	0	62	90	91	92	81	63	0	0	0	0	0	0	0	12
				L	R			K	T						O				
13	0	0	0	0	0	62	89	91	93	83	64	0	0	0	0	0	0	0	13
						K	S					U		A					
14	0	0	0	0	0	57	83	87	91	81	65	0	0	0	0	0	0	0	14
				4	S		4	X											
15	0	0	0	0	0	53	76	83	88	79	66	0	0	0	0	0	0	0	15
						K	N	D		V									
16	0	0	0	0	0	52	69	76	82	75	68	51	0	0	0	0	0	0	16
						O			R										
17	0	0	0	0	0	52	63	67	72	71	54	0	0	0	0	0	0	0	17

**Успешность прогноза шквалов, смерчей и ветра $V>24\text{м/с}$ с
заблаговременностью 36ч по полусферной модели за 2003-2005гг**

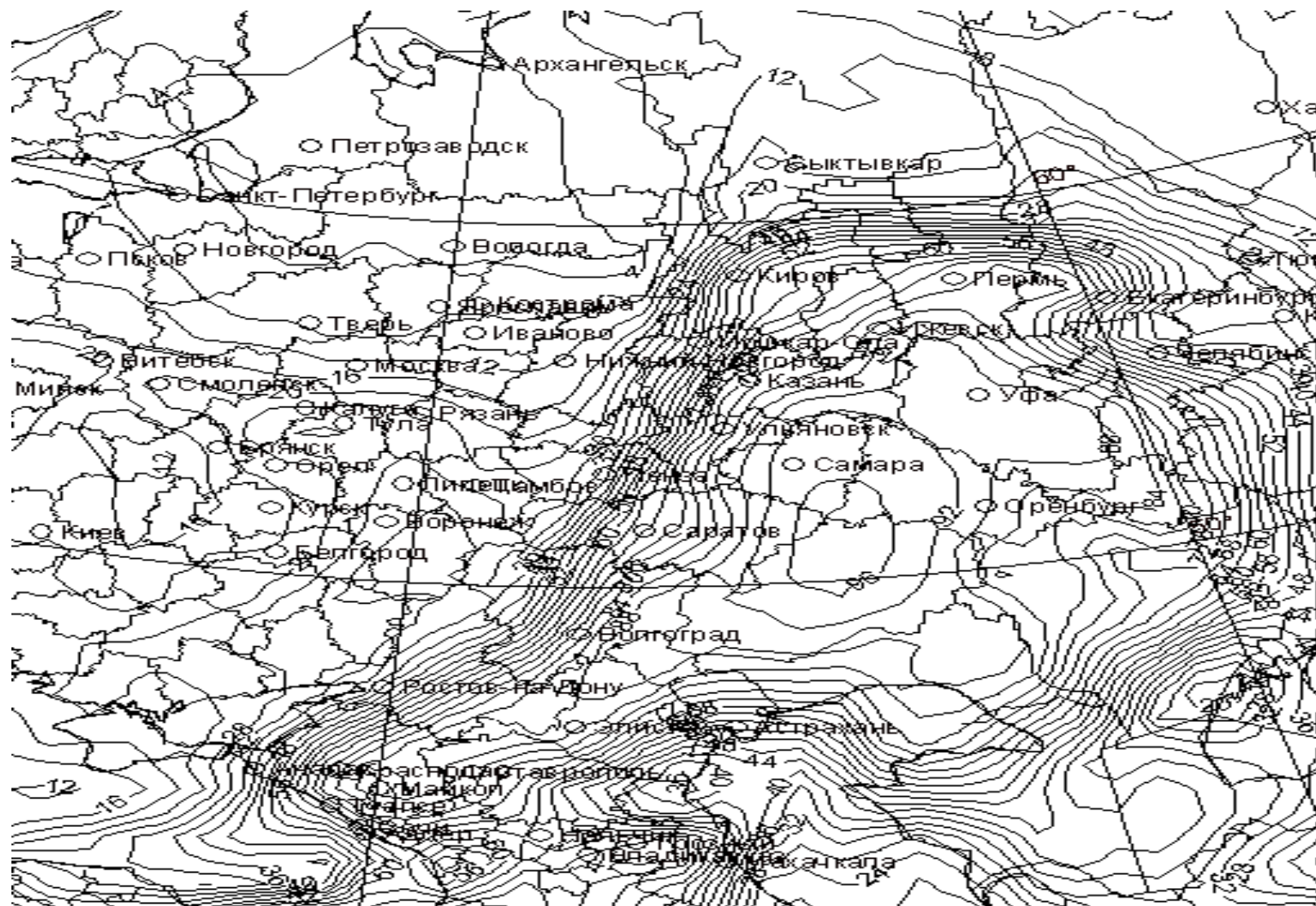
Название упр-ния (УГМС)	Количество случаев			Предупрежд енность явлений и их отсутствия, %.	Общая оправд., оправд.яв. и отс.,%	Критер. Пирси- Обухова $T=1-a-b$
	явления	б/явлен.	Сумма			
Северо- Западное УГМС	N_{11} 14 N_{01} 15	N_{12} 23 N_{02} 852	N_{10} 37 N_{00} 867	Пя=93,3% Пот=97% $a=0,067$, $b=0,03$	$F=97,2$ $F_{я}=38\%$ $F_{от}=99,9\%$	$T=0,903$
УГМС Республики Татарстан	N_{11} 7 N_{01} 8	N_{12} 49 N_{02} 393	N_{10} 56 N_{00} 402	Пя=88% Пот=87,5% $a=0,12$, $b=0,125$	$F=87,5$ $F_{я}=12\%$ $F_{от}=99,9\%$	$T=0,755$
• Верхне- Волжское УГМС	N_{11} 11 N_{01} 16	N_{12} 157 N_{02} 1819	N_{10} 168 N_{00} 1835	Пя=68,8% Пот=91,3%, $a=0,332$ $b=0,087$	$F=91,2\%$ $F_{я}=6,5\%$ $F_{от}=99,7\%$	$T=0,601$

Модель гидродинамико-статистического прогноза сильных шквалов и смерчей и также сильных осадков заблаговременностью 12-24-36ч на основе данных региональной модели ГМЦ РФ

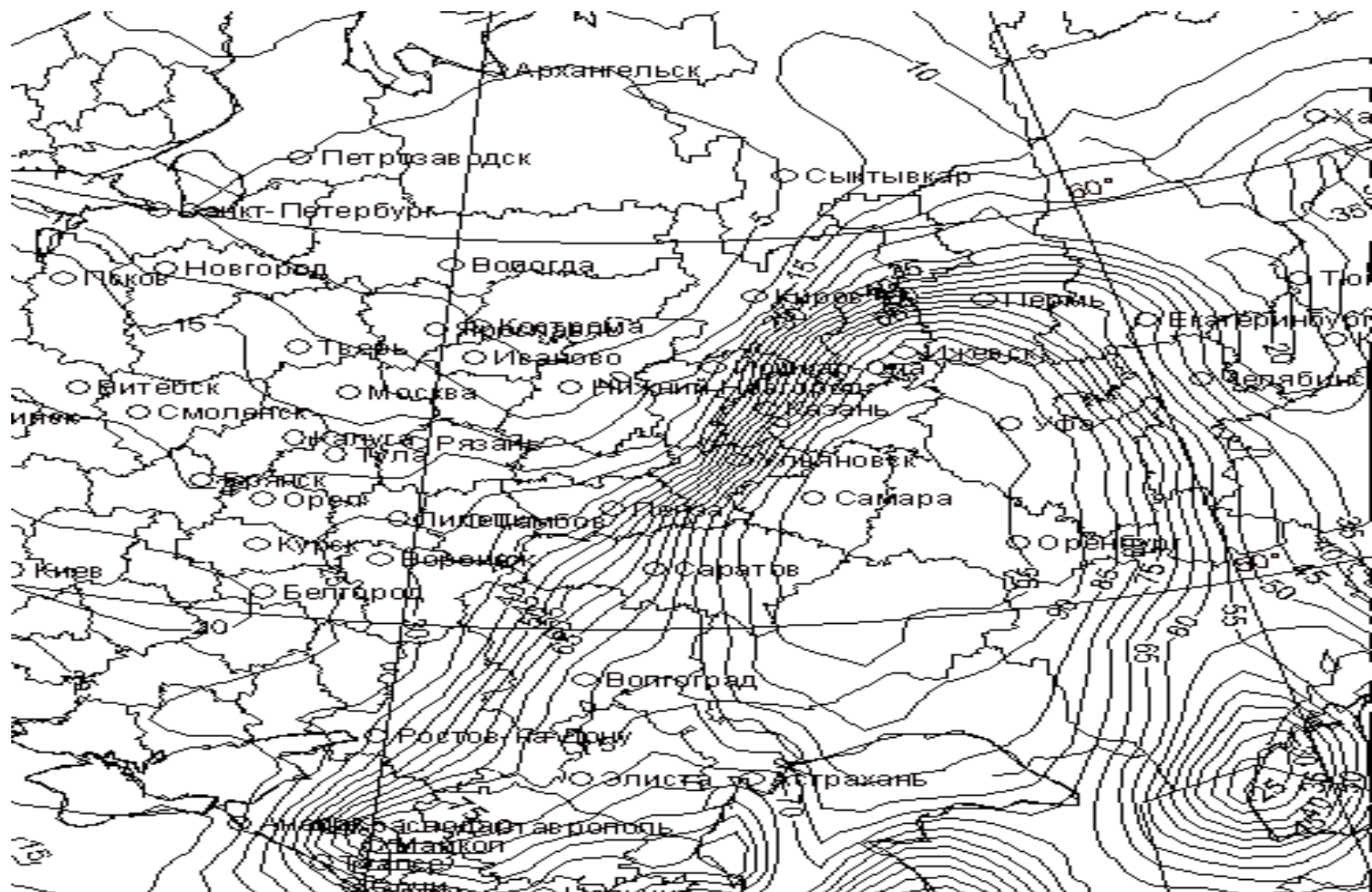
В связи с введением и успешным развитием региональной модели краткосрочного прогноза погоды с горизонтальным разрешением 75х75 км (автор – Лосев В.М.) и отключением полусферной модели была проведена адаптация гидродинамико-статистической модели прогноза сильных и опасных ветров, а также сильных осадков с использованием выходных прогностических полей региональной модели.

При этом при адаптации новой модели ее систематические ошибки учитывались в изменении значений пороговых вероятностей категорического прогноза явлений первого и второго классов, рассчитываемых в узлах сетки 75х75км. Метод прогноза ветра скоростью $V > 24$ м/ на текущий день решением ЦМКП был рекомендован для использования в синоптической практике в 2014г. Метод прогноза полусуточных осадков количеством свыше 15мм/12ч (НЯ) был также рекомендован ЦМКП в 2013 году в качестве вспомогательного. Метод прогноза очень сильных осадков не проходил официальные испытания, но ежегодно использовался во многих Управлениях по Гидрометслужбе благодаря своим успешным оценкам предупрежденности этих явлений. Прогнозы оперативно рассчитывались два раза в сутки и выкладывались на FTP-сервер в виде таблиц рассчитанных вероятностей этих явлений отдельно шквалов по двум функциям и отдельно сильных осадков в двух градациях.

**Прогноз опасного штормового ветра на 29.08.2014г с
заблаговременностью 36ч по сроку 00ч ВСВ 28.08.2014г. Смерч в
Янаульском р-не, в Дютюрли -29м/с, в Ульяновске, Самаре –25м/с,
Саратове –23м/с и в 34 пунктах $V > 19$ м/с**



**Прогноз опасного штормового ветра на текущий день 29.08.2014г
по сроку 00ч ВСВ 29.08.2014г. Смерч в Янаульском р-не, в Дюртюли
-29м/с, в Ульяновске, Самаре -25м/с, Саратове -23м/с и в 34 пунктах
 $V > 19\text{м/с}$**



Усовершенствование технологии представления результатов гидродинамико-статистического прогноза очень сильного ветра и сильных осадков на основе гидродинамико-статистической модели прогноза

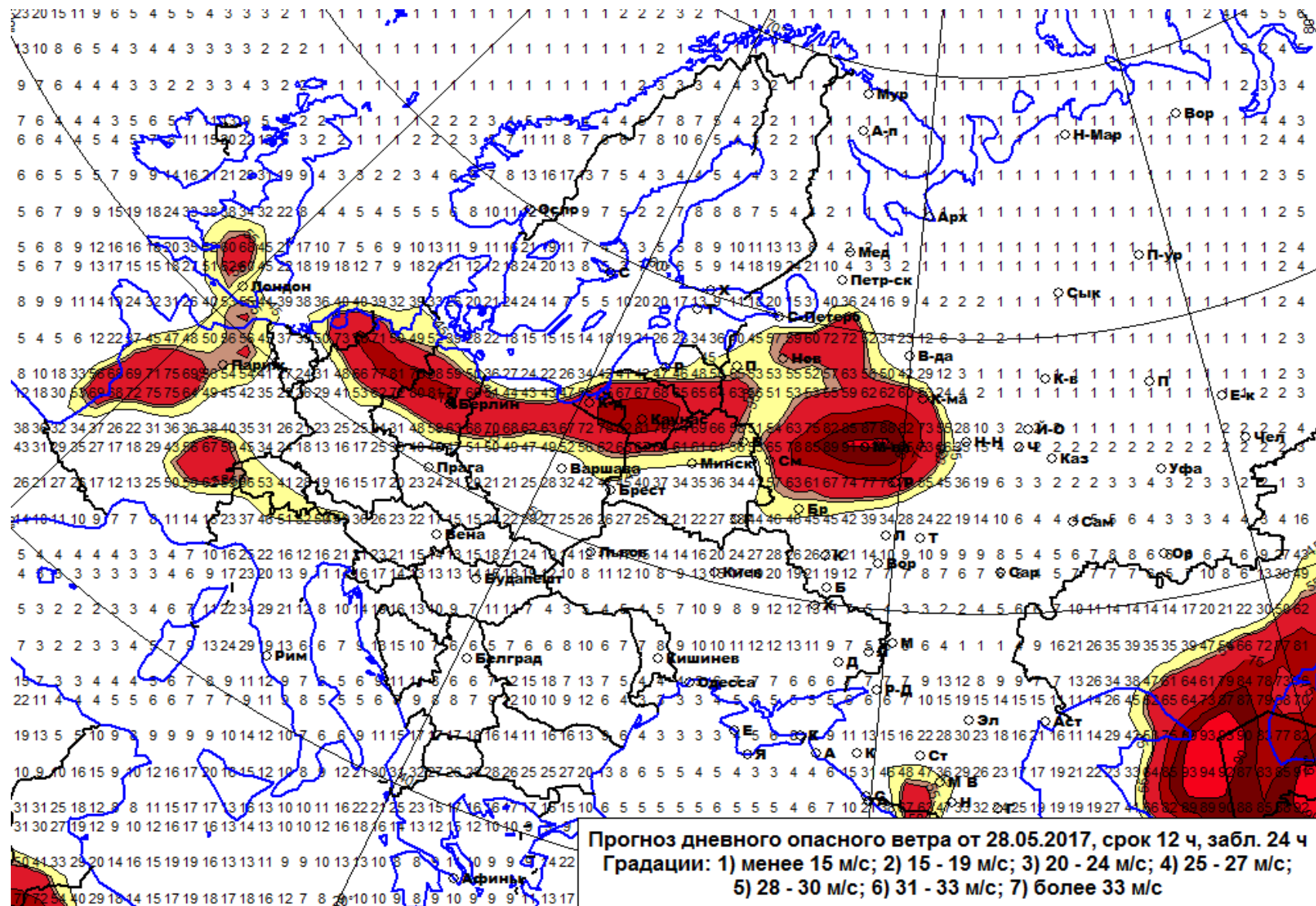
1. По таблицам вероятностей были выделены с помощью графического пакета «ИЗОГРАФ», (автор - Алферов Ю.В.) по изолиниям рассчитываемых вероятностей прогноза в узлах сетки 75х75км прогнозируемые области (по заданной пороговой вероятности опасного ветра и по пороговой вероятности сильных и очень сильных осадков).
2. Эти файлы таблиц рассчитанной в узлах сетки вероятности определенного явления и заданного класса записываются в банк данных Гидрометцентра России и сохраняются на сайте Гидрометцентра России, они хранятся в течение месяца. Синоптики из УГМС могут использовать эти данные и сами в удобном для них виде представлять соответствующие прогнозы, как это делают в СЗУГМС . Однако не всюду стоит этот пакет «ИЗОГРАФ», а для самостоятельного расчерчивания нужно дополнительное время, которого обычно не хватает в оперативной практике.
3. По просьбе синоптиков региональных УГМС нами вместе с автором графического пакета «ИЗОГРАФ» был разработан макет карт прогноза сильного и опасного ветра в цветах, отражающих интенсивность прогнозируемого явления. Синоптики на месте при ежедневном получении этих карт могут скорректировать для своего региона полученные из сайта ГВЦ России прогнозы.
В некоторые УГМС ЕТР передаются карты и по электронной почте. Синоптики выразили свое одобрение. Ранее они как показанная таблица шли как телеграммы
4. В настоящее время прогнозы этих явлений очень сильного ветра и очень сильных осадков даются уже с заблаговременностью до 48ч с последовательным уточнением до полусуток, что позволяет значительно сократить ущерб, наносимый этими явлениями.

**Автоматизированные оценки независимых испытаний прогноза явлений
опасного летнего ветра скоростью $V \geq 25$ м/с, включая смерчи и сильные
шквалы для территории Европейской части России (2016-2020 гг)**

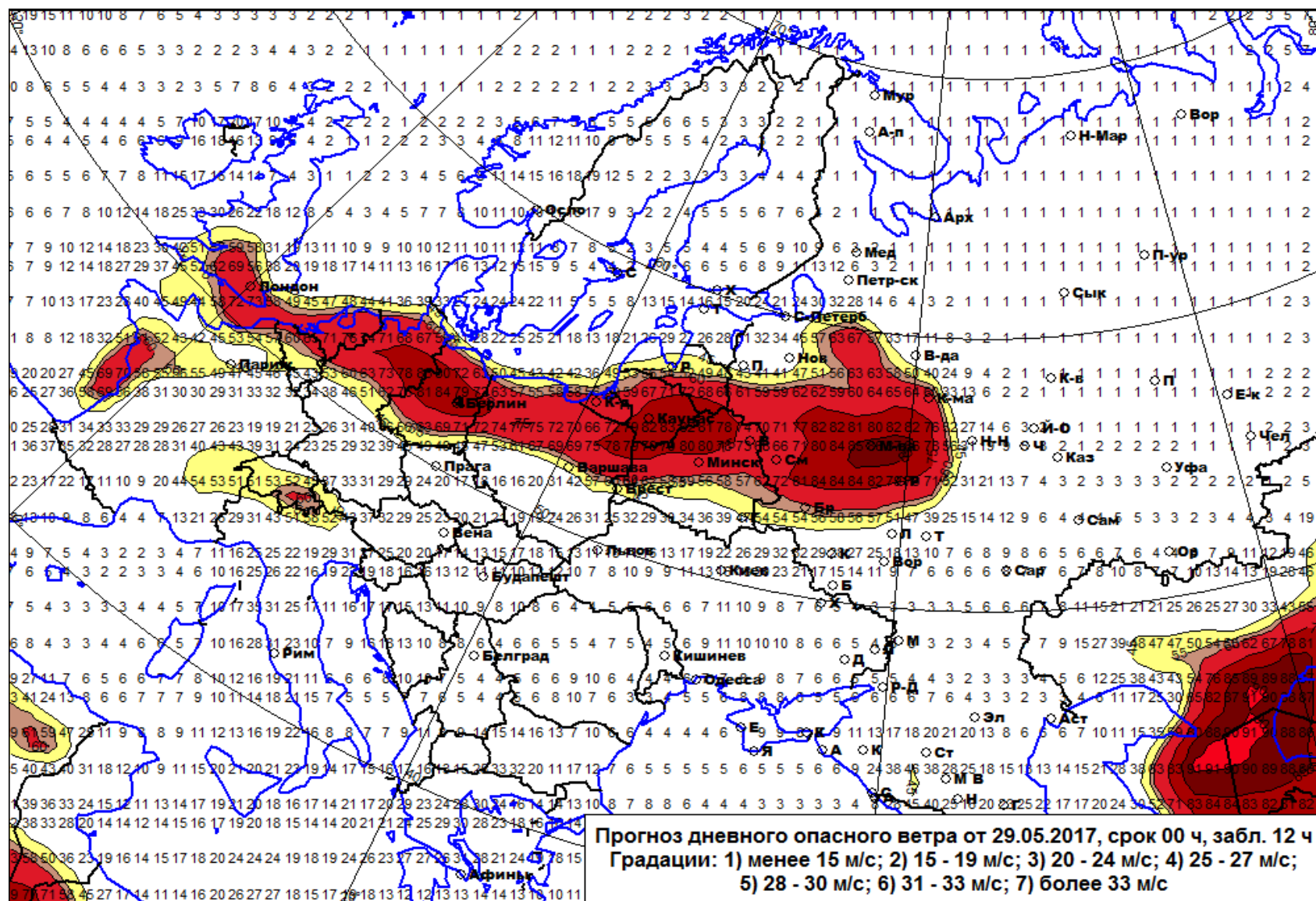
Год прогноза	Заблаг. прогно за 12-36 ч	кол-во явлений наличия скорости $V \geq 25$ м/с	Кол-во наличия явлений скорости $V \geq 22$ м/с	Общее кол-во явлений наличия и отсут.	Предупр. наличия опасного ветра с допуском %	Предупр. отсутствия опасного ветра, %	Значение критерия Пирси- Обухова Т-1-а-б
2016	24ч	47	148	49340	73%	98%	0,71
2017	24ч	34	134	49930	82%	83%	0,65
2018	12ч 36ч	33 33	128 128	50002 50002	83% 72,4%	83% 80%	0,66 0,524
2019	12ч	32	105	50252	76%	86%	0,62
2020	12ч	35	124	51550	79%	88%	0,67

Примеры гидродинамко-статстического прогноза
опасного ветра скоростью $V > 24 \text{ м/с}$ и очень сильных
полусуточных осадков в предыдущие 2020-2022 годы

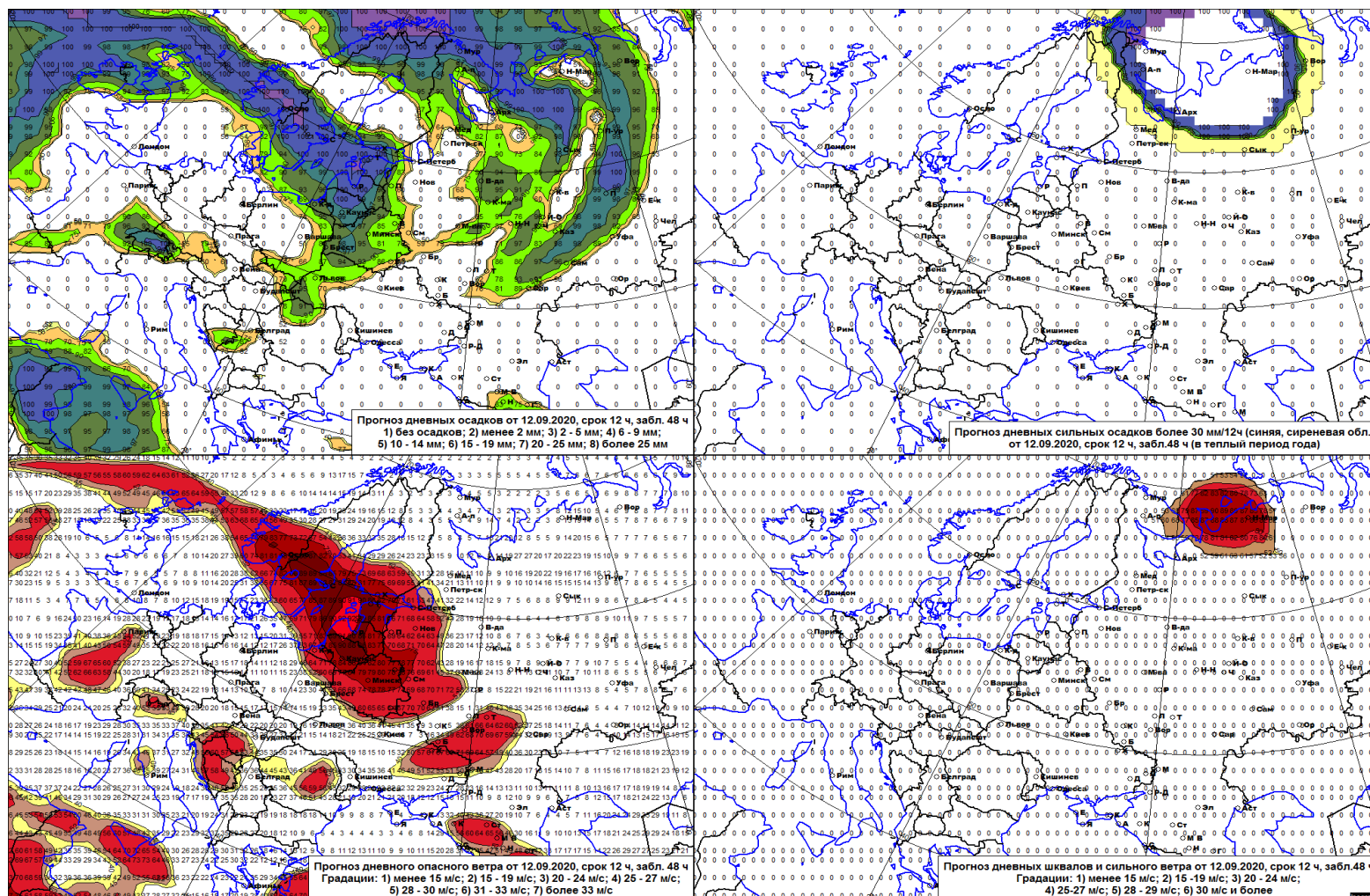
Прогноз шквалов и опасного ветра на день 29.05.2017 с заблаговременностью 24ч, дата расчета – 28.05.2017, срок – 12ч ВСВ.



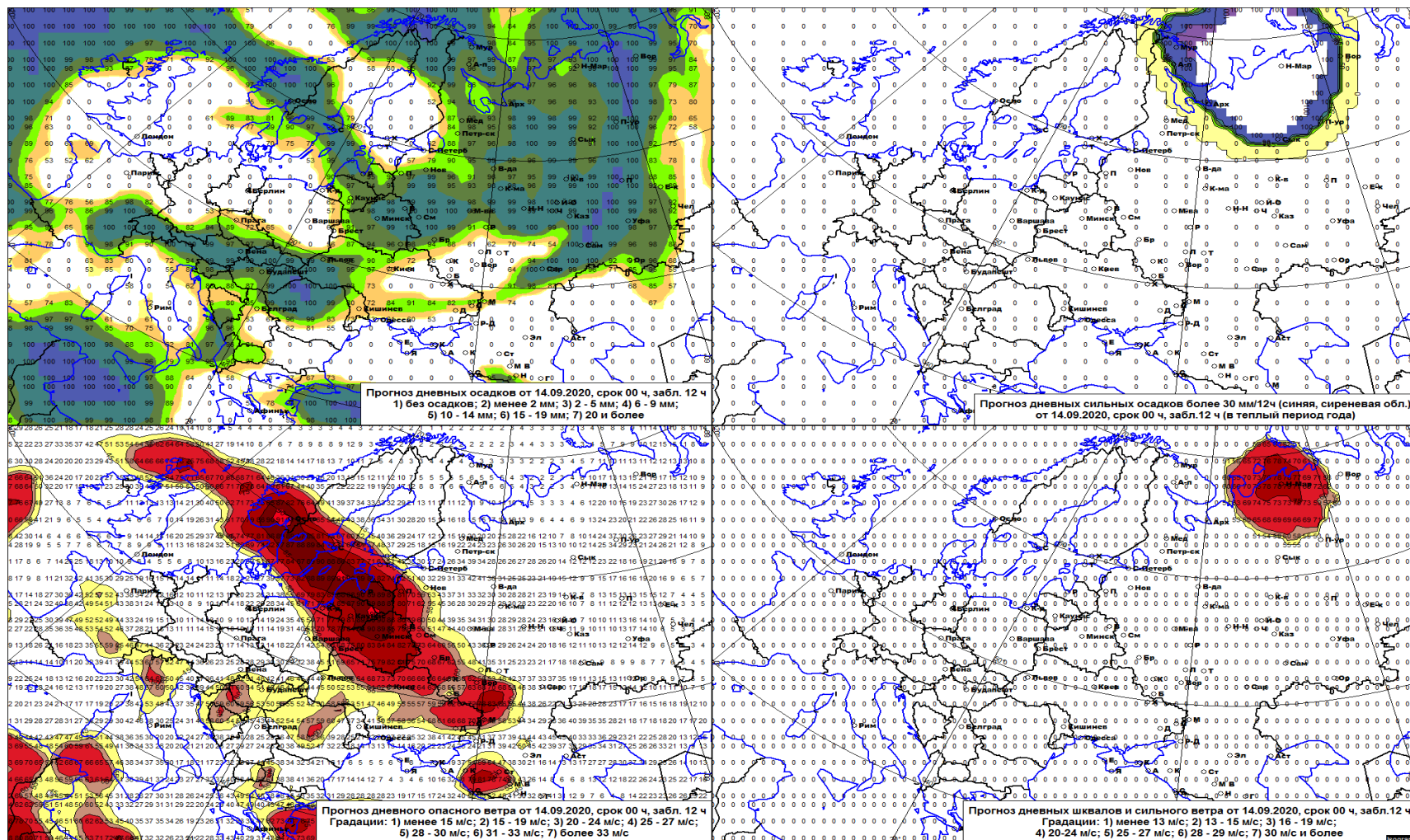
Прогноз шквалов и опасного ветра на день 29.05.2017 с заблаговременностью 12ч , дата расчета – 29.05.2017, срок – 00ч ВСВ.



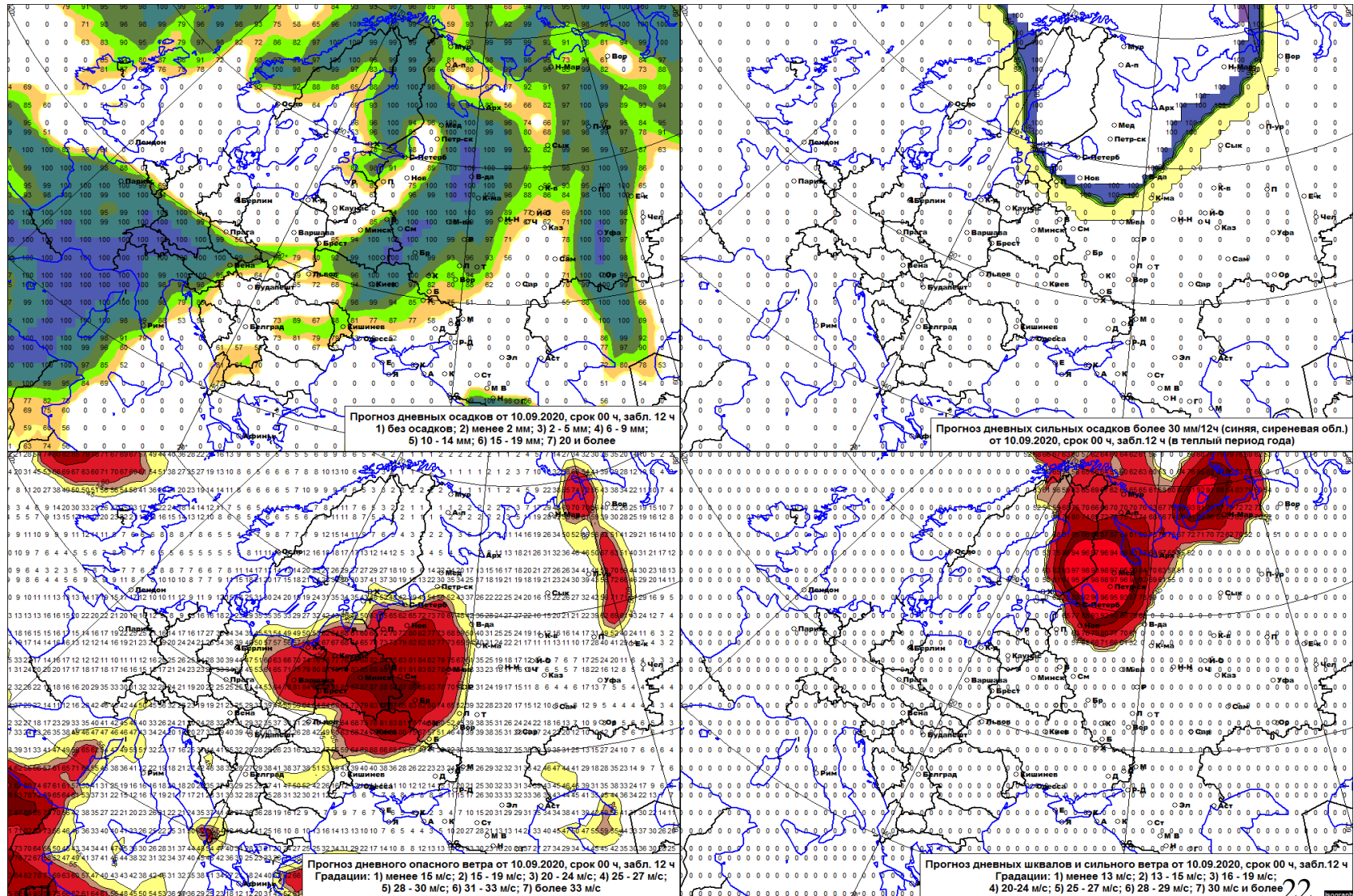
Карты прогноза сильного и очень сильного ветра на день 14.09.2020 с заблаговременностью 48ч (В Москве ветер 25м/с, 43мм осадков)



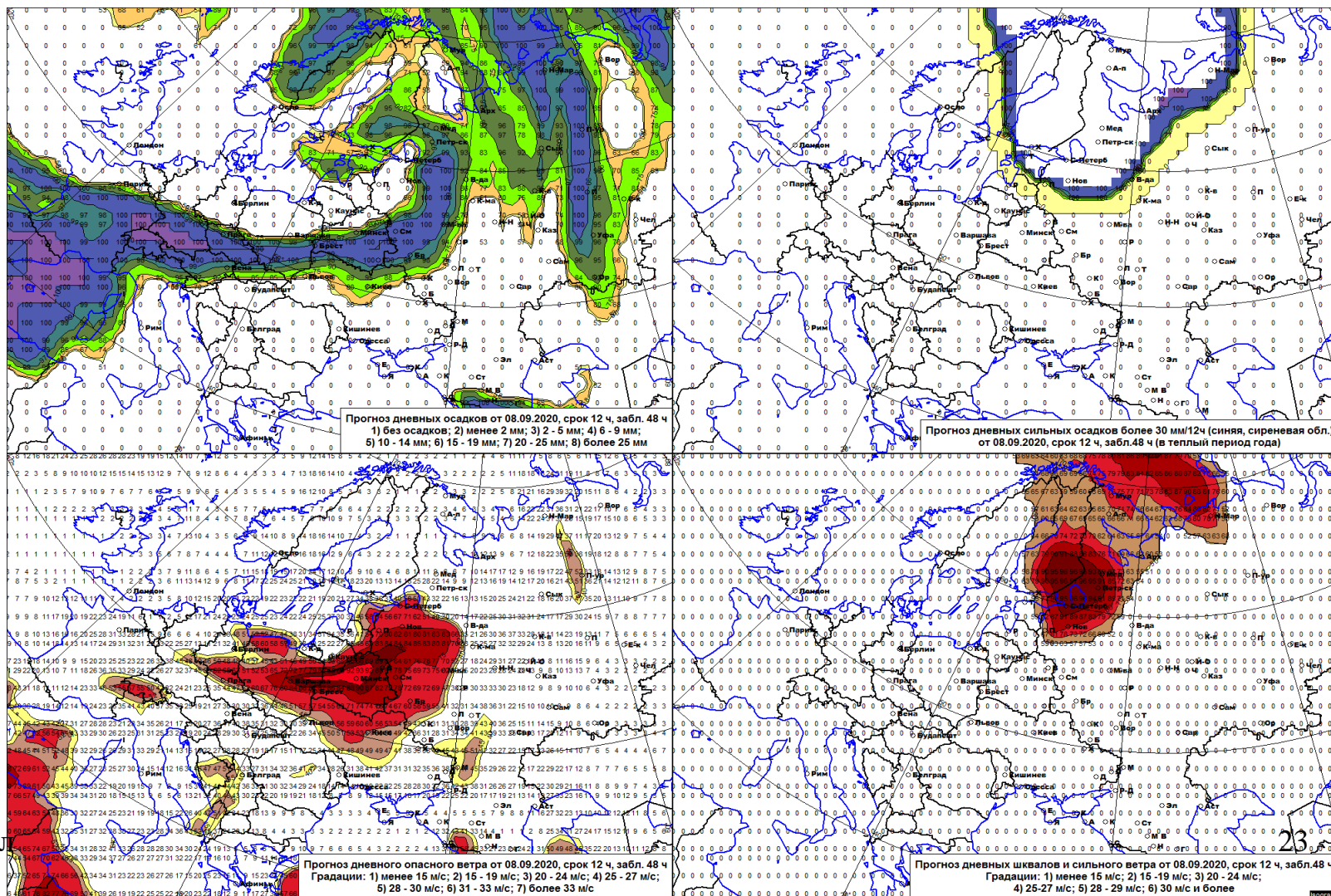
Карты прогноза сильного и очень сильного ветра на текущий день 14.09.2020 (В Москве ветер 25м/с)



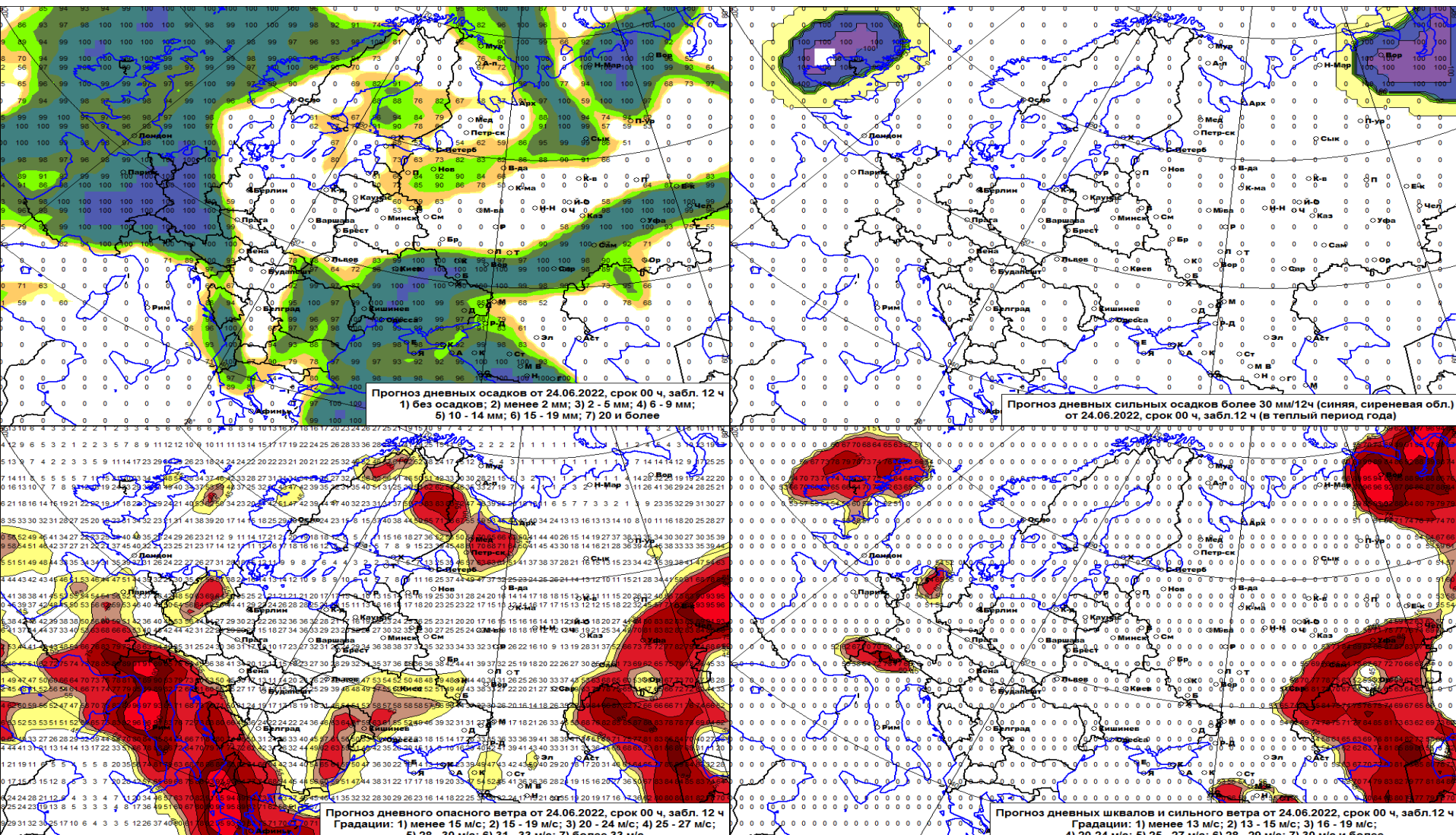
Карты прогноза сильного и очень сильного ветра на текущий день 10.09.2020 (В Новгородской, Псковской обл., в Санкт-Петербурге ветер 25м/с, большие разрушения)



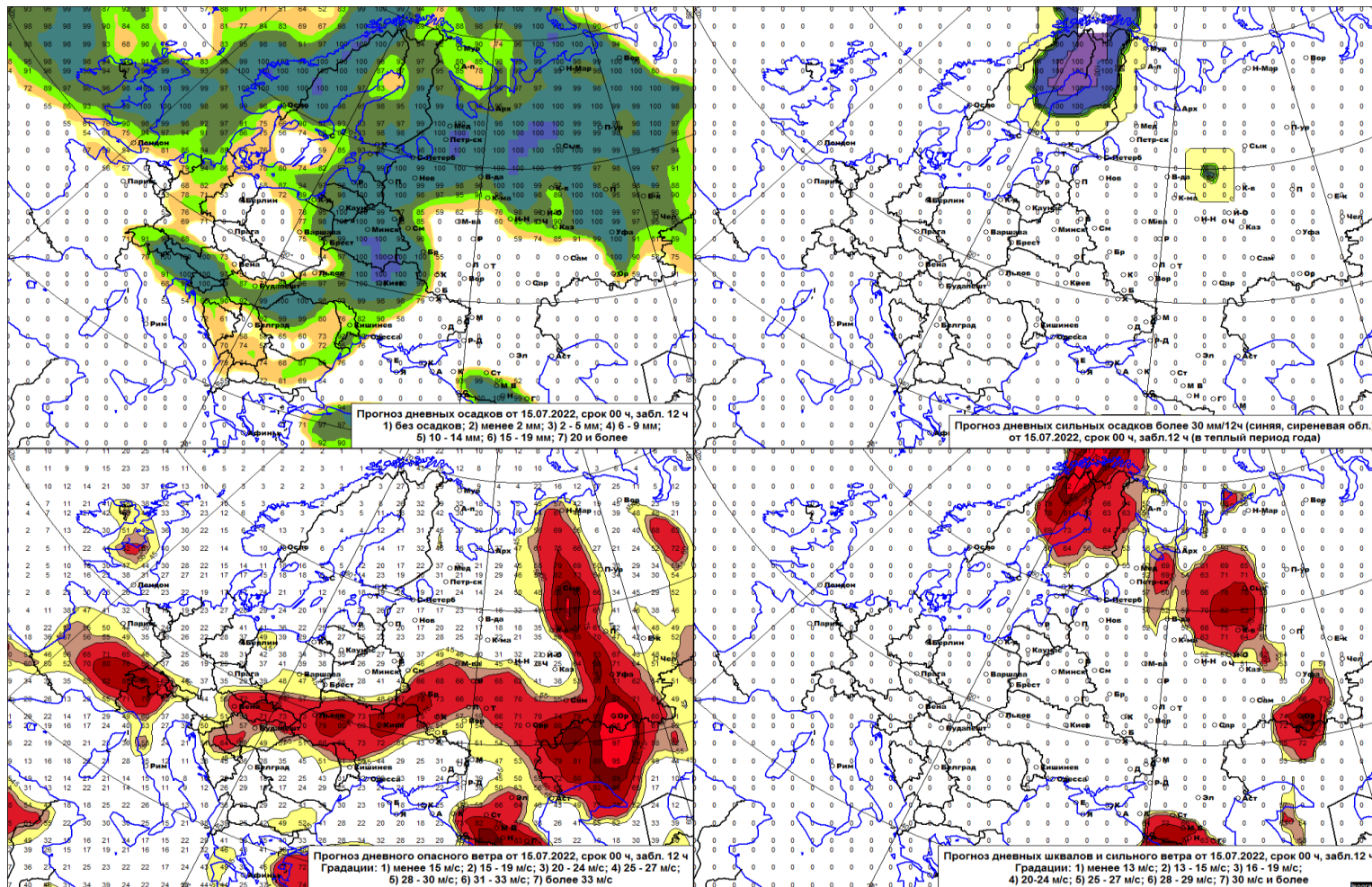
Карты прогноза с заблаговременностью 48ч сильного и очень сильного ветра на день 10.09.2020 (В Новгородской, Псковской обл., в Санкт- Петербурге ветер 25м/с, большие разрушения)



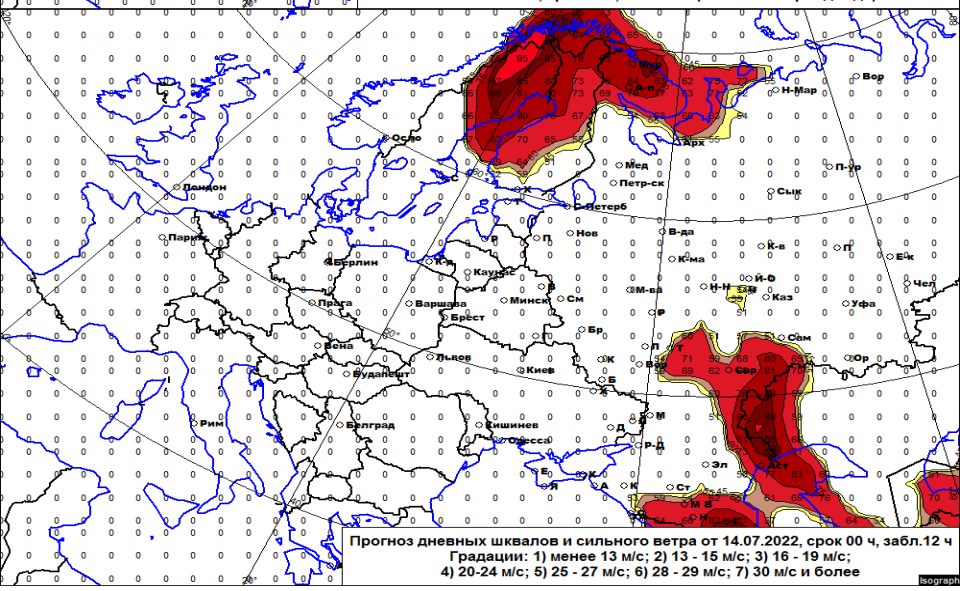
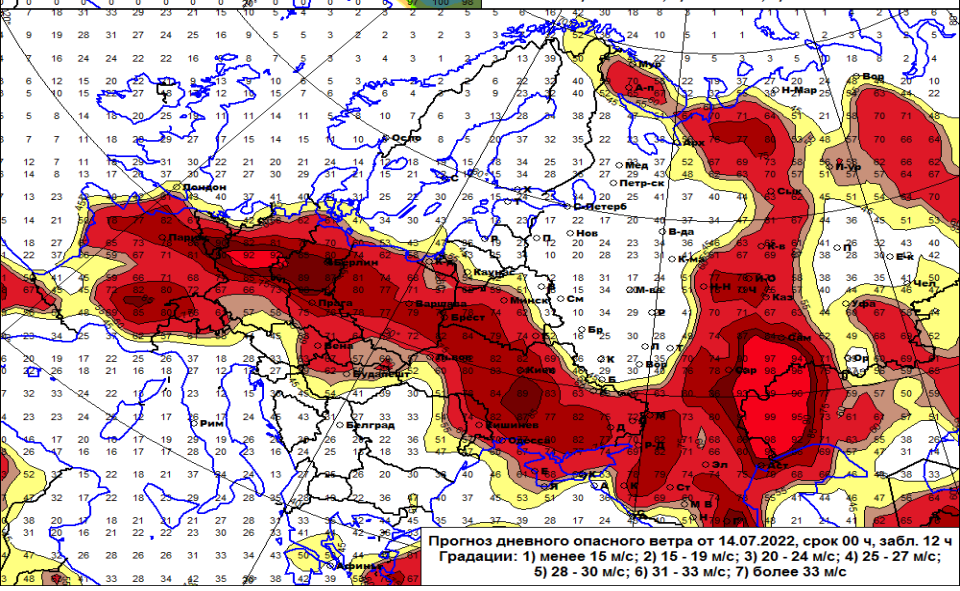
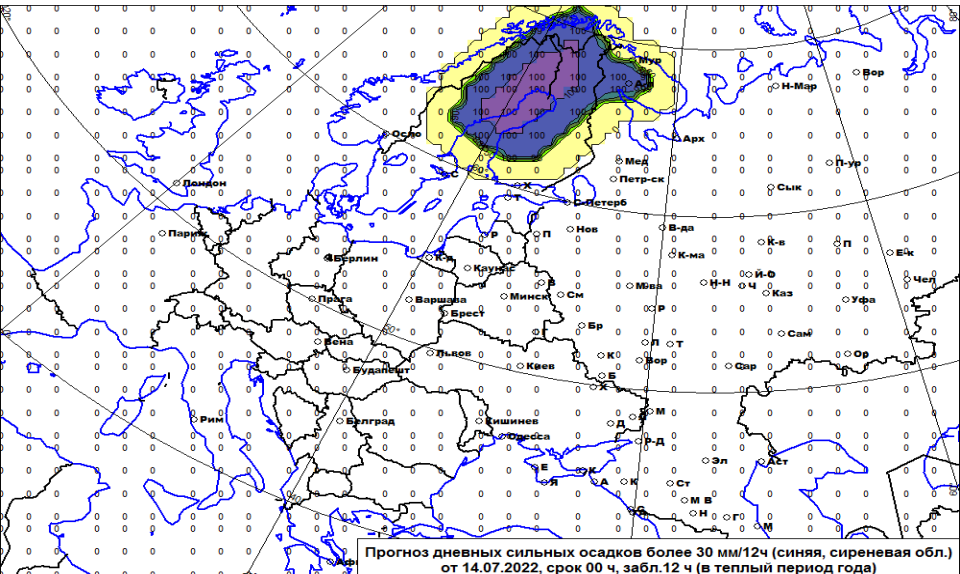
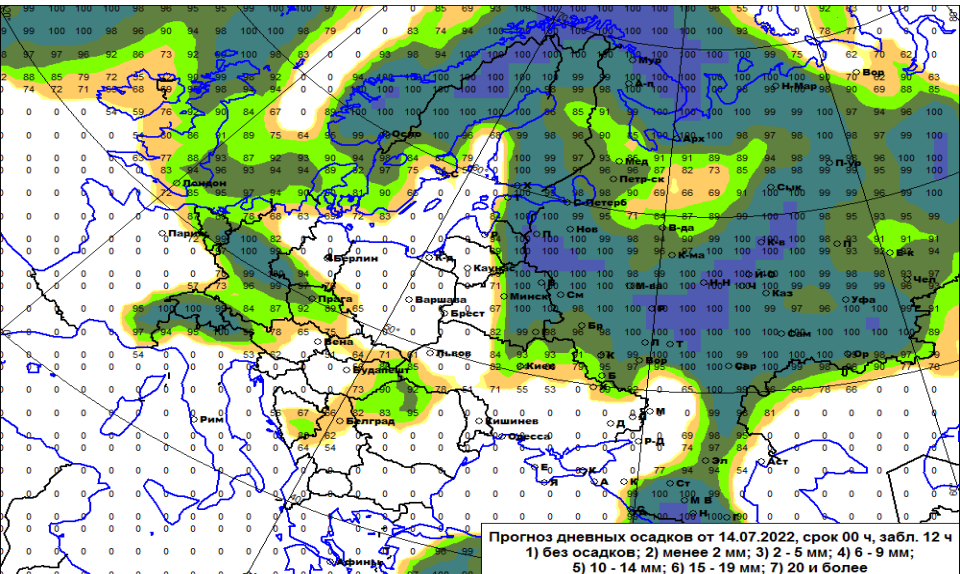
Прогноз на 24.06.22. В Крыму – в Бахчисарае-53мм, в Лиственной -44мм, в Никитском -32мм и др.



Прогноз на 15.07.22. В Нижегородской- 54мм, в Татарстане (Лаишево)-22мм, V=24м|с

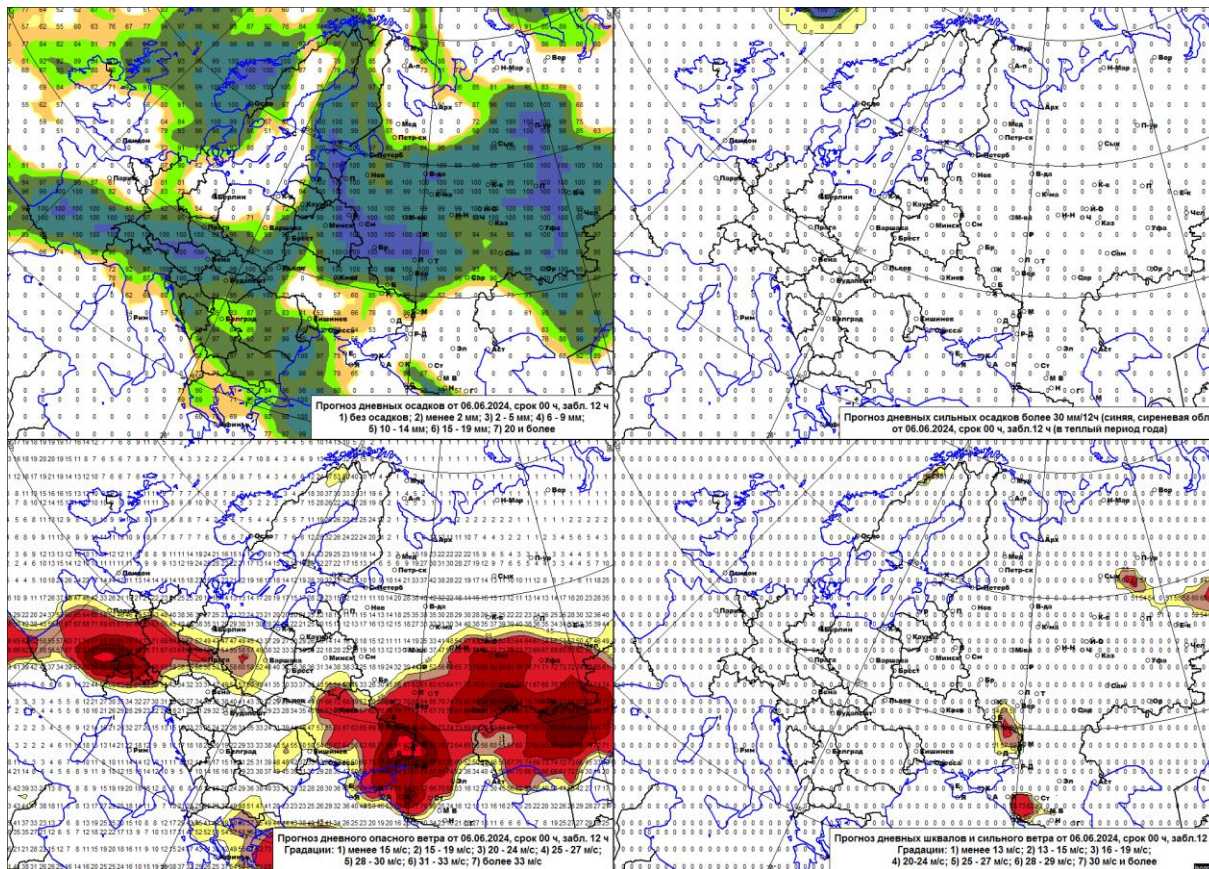


Прогноз на 14.07.22. В Москве – 27мм/12ч, в Тамбовской – 44мм, в Татарстане-62мм, V=29м/с

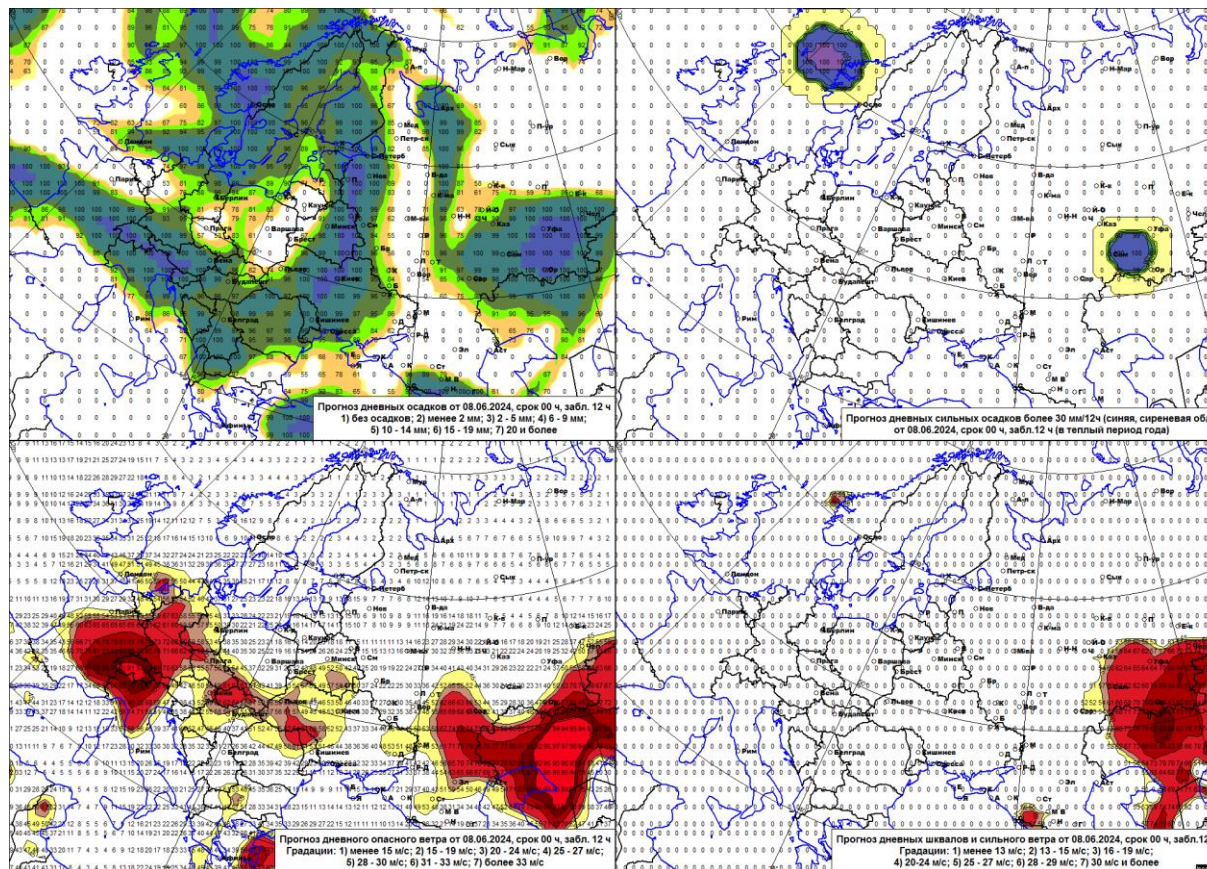


Примеры карт прогноза, представленных
на сайте ГВЦ Госкомгидромета в летний
сезон 2024 года (июнь-август)

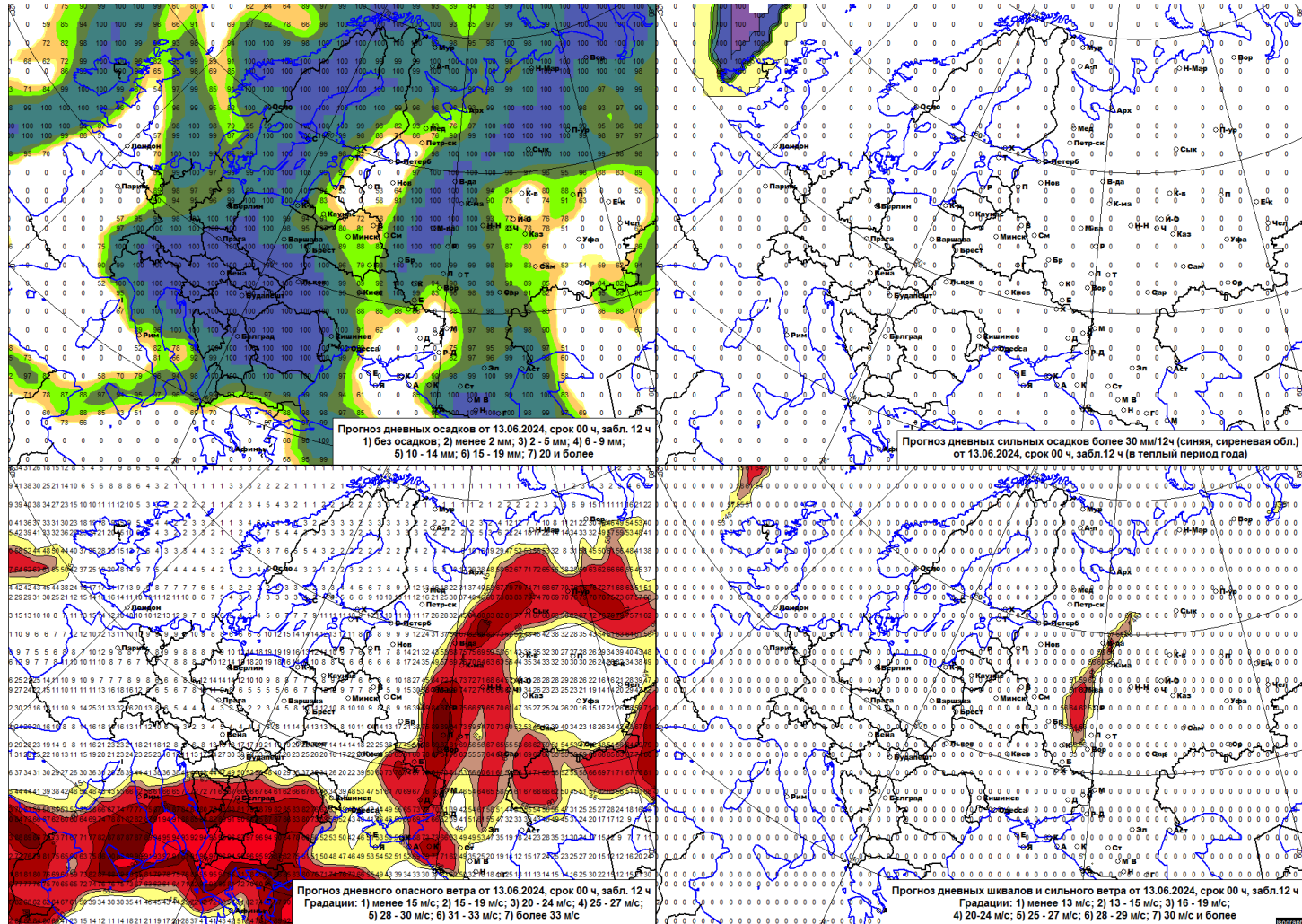
Карты прогноза на текущий день -6.06.24, в Ярославской, в Данилове-53мм,в Москве-17мм/0,5ч, большой ущерб. В ЛО. Новгородской -20мм/12ч, в Уфе – сильный шквал с порывами $V=26\text{м/с}$. В ЮФО Тср более Ткл на 7-10 град.



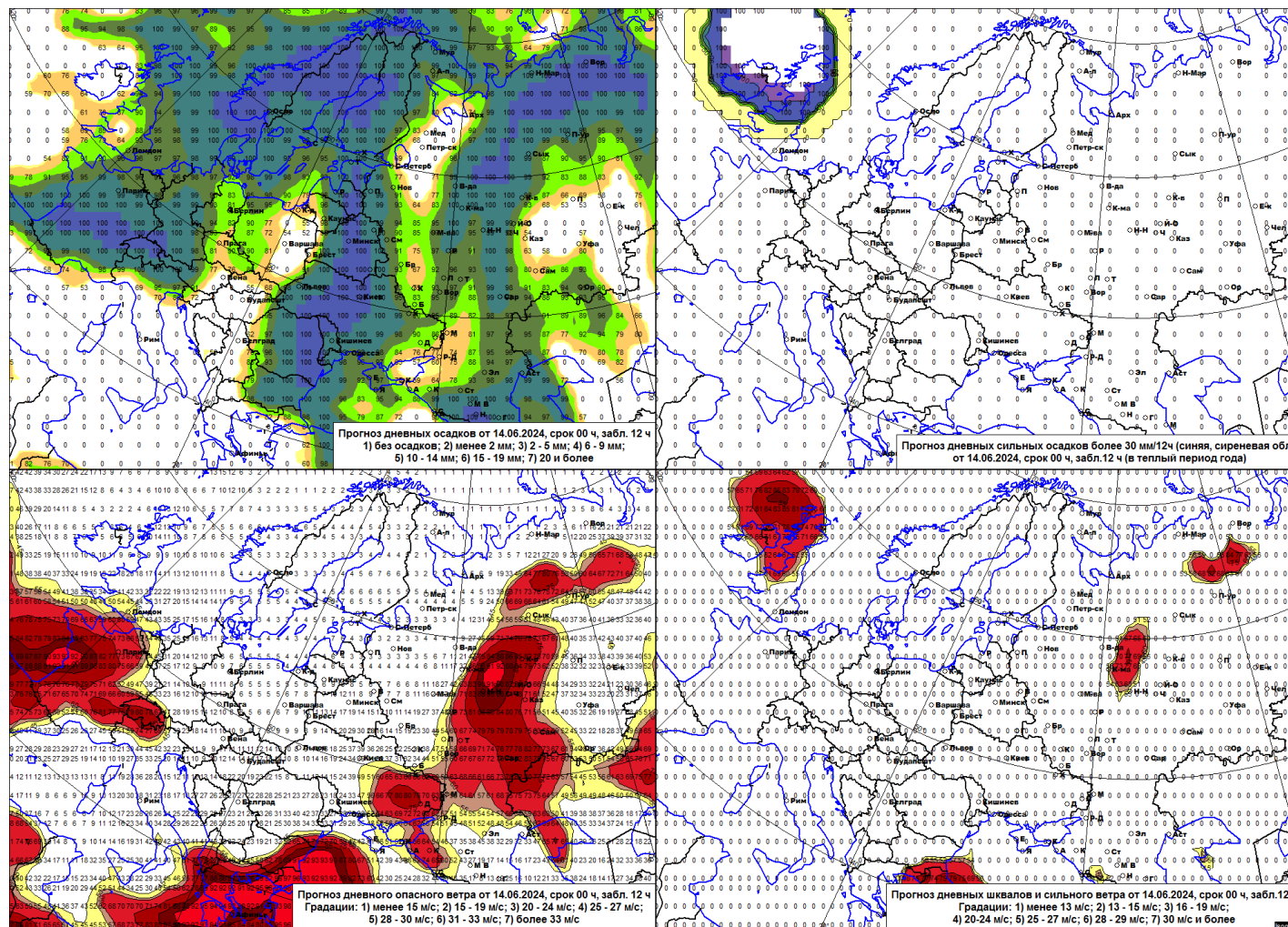
Прогноз на текущий день 8.06.24. В Башкортостане в Абзелиловском районе – смерч с сильным ветром, осадки в Федоровке 25мм/3ч, в Тукане 18мм/3ч, в Буздоке - 23мм/5ч



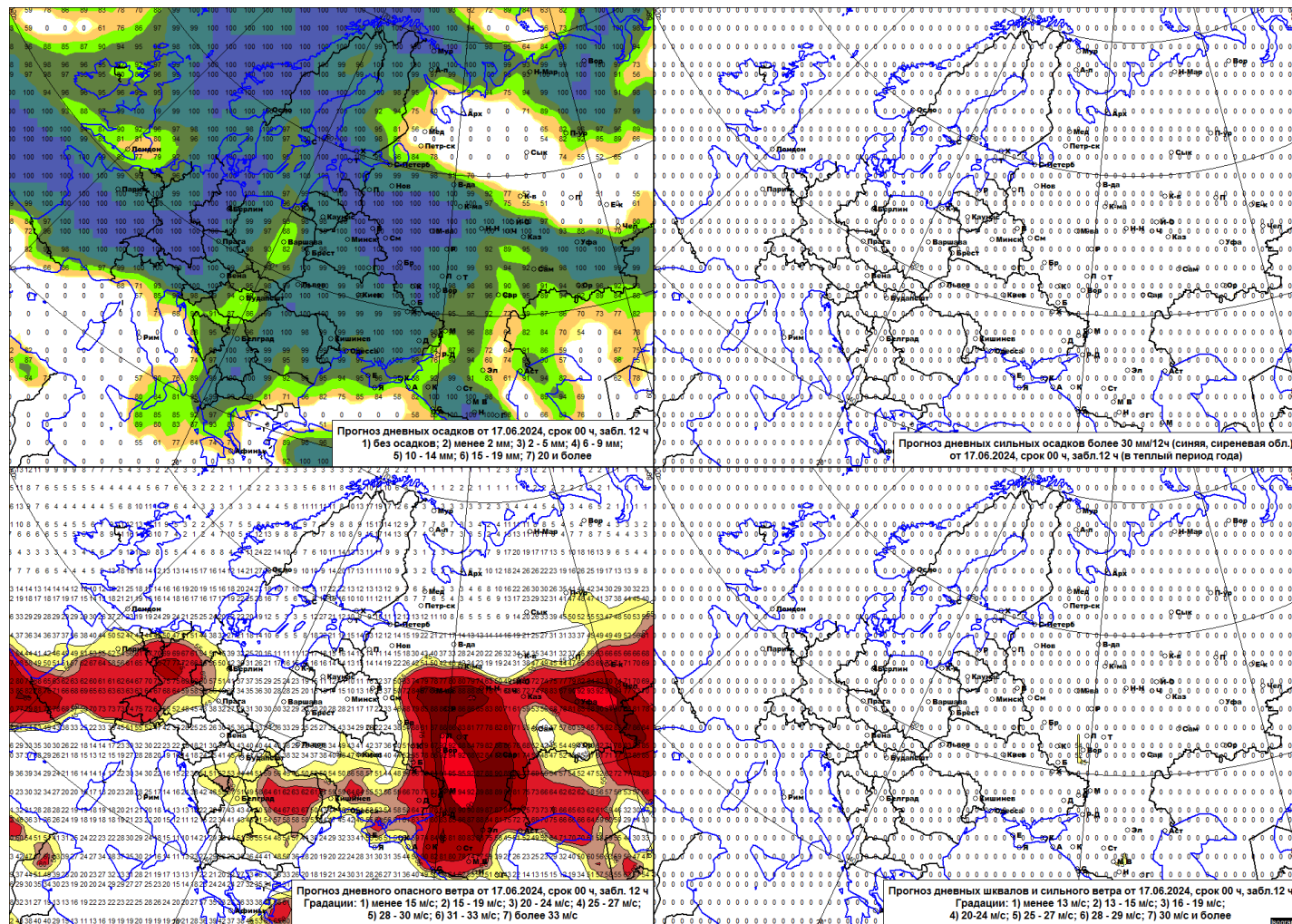
Прогноз на текущий день 13.06.24, в Москве в Михайловском-51мм, в Перово- 57мм. В МО в Егорьевске 52мм, в Тамбовской – ветер скоростью 24м/с с грозой, в Будденовске по ущербу - $v=28-32\text{м/с}$



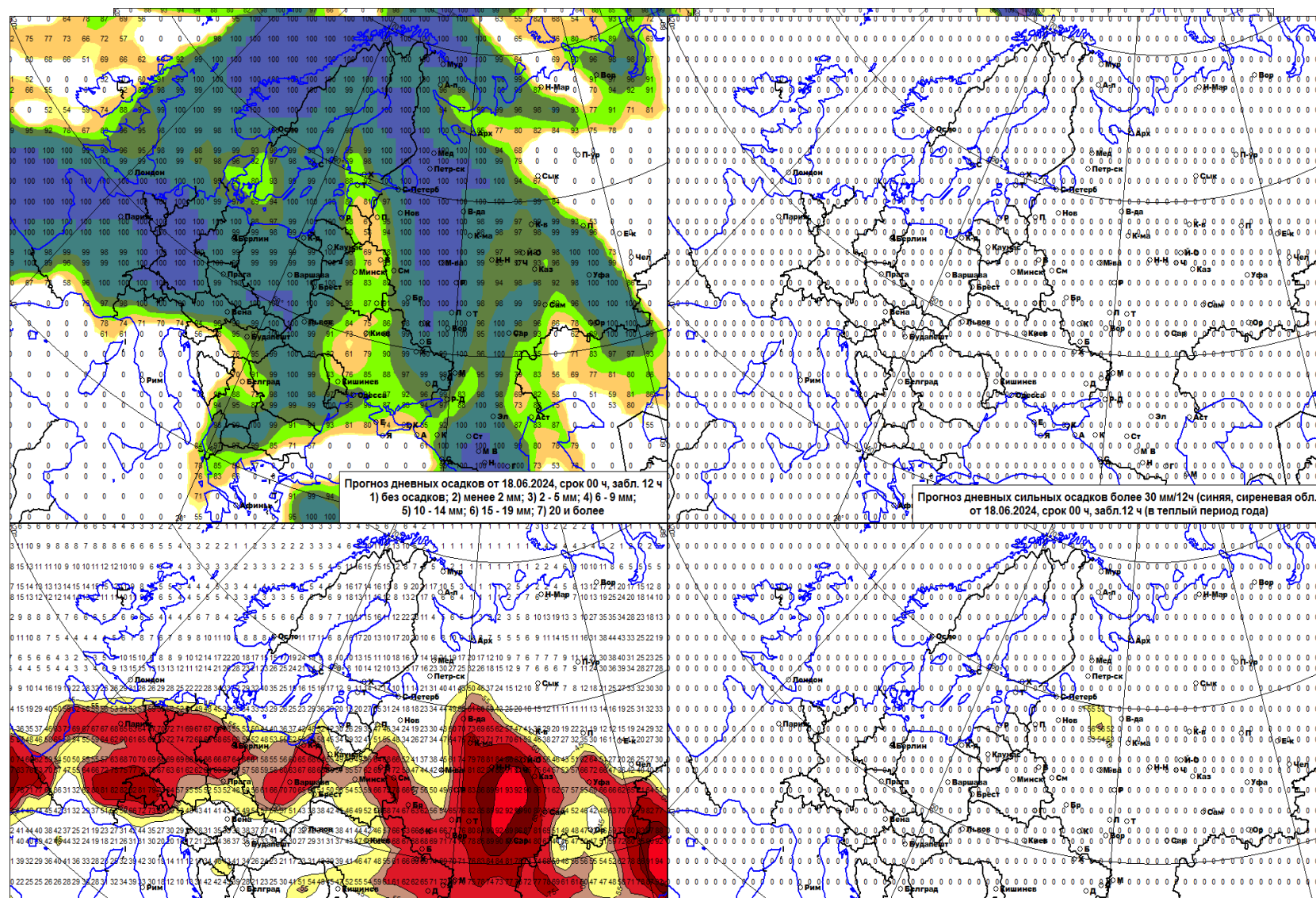
Карты прогноза на текущий день 14.06.24., в Кировской, в Опарино 49мм/5,5ч, в Ульяновской- КМЯ с V=26м/с м градом в 20мм



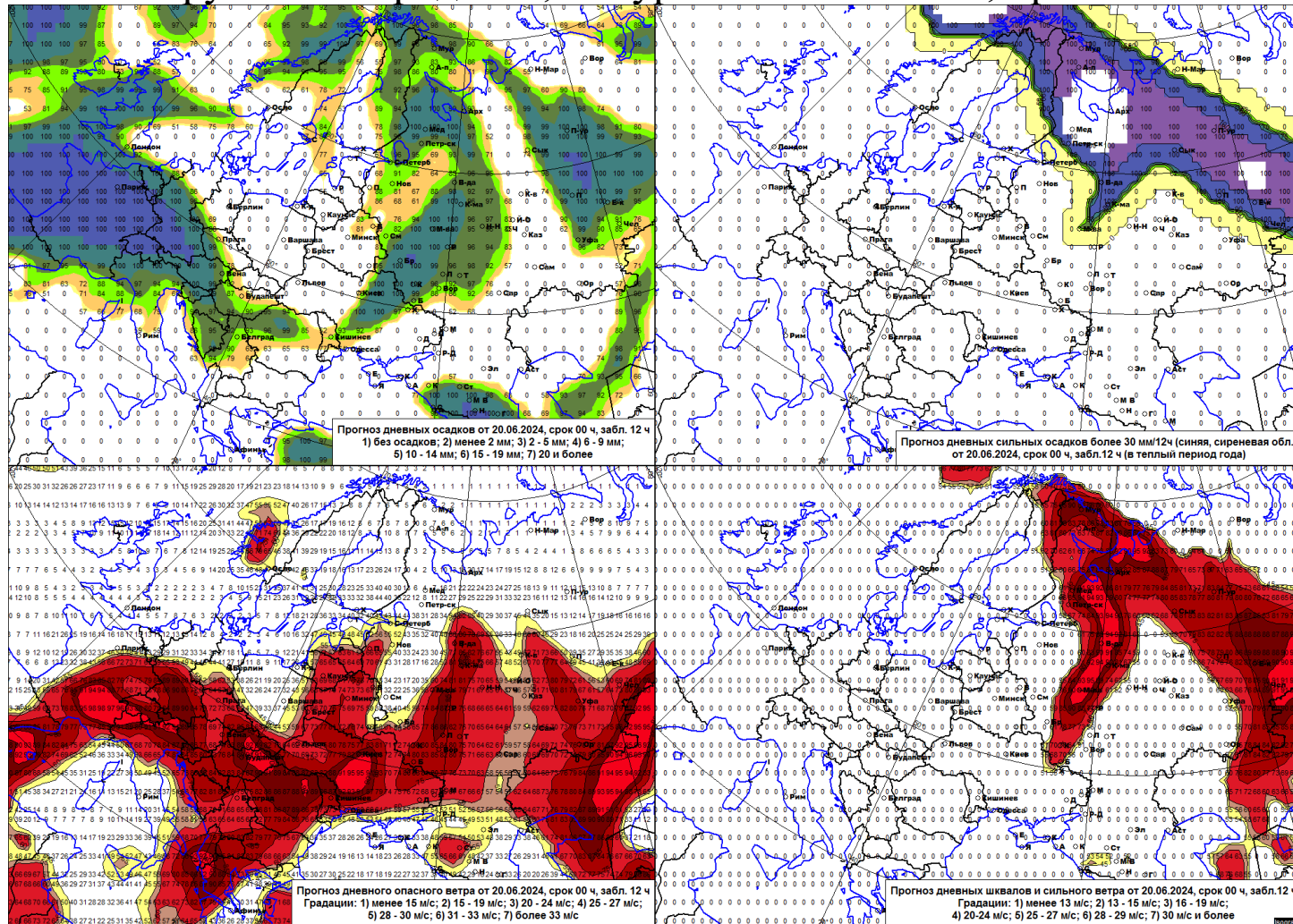
Карты прогноза на день 17.06.24 по сроку 00ч ВСВ. На мс Держинск-51,4мм/1,5ч, в Татарстане, в Лаишево- 27мм/2ч, перенесен 21рейс, произошло подтопление улиц и остановок.



Карты прогноза на текущий день 18.06.24 по сроку 00ч ВСВ, в Ульяновской – порывы ветра скоростью 26м/с, в Лаишево- -также со скоростью 26м/с, в Самарской–25м/с, в Ленинградской, Тверской, Псковской, Новгородской- комплекс НЯ ливней с грозой и ветром порывами 14-18м/с

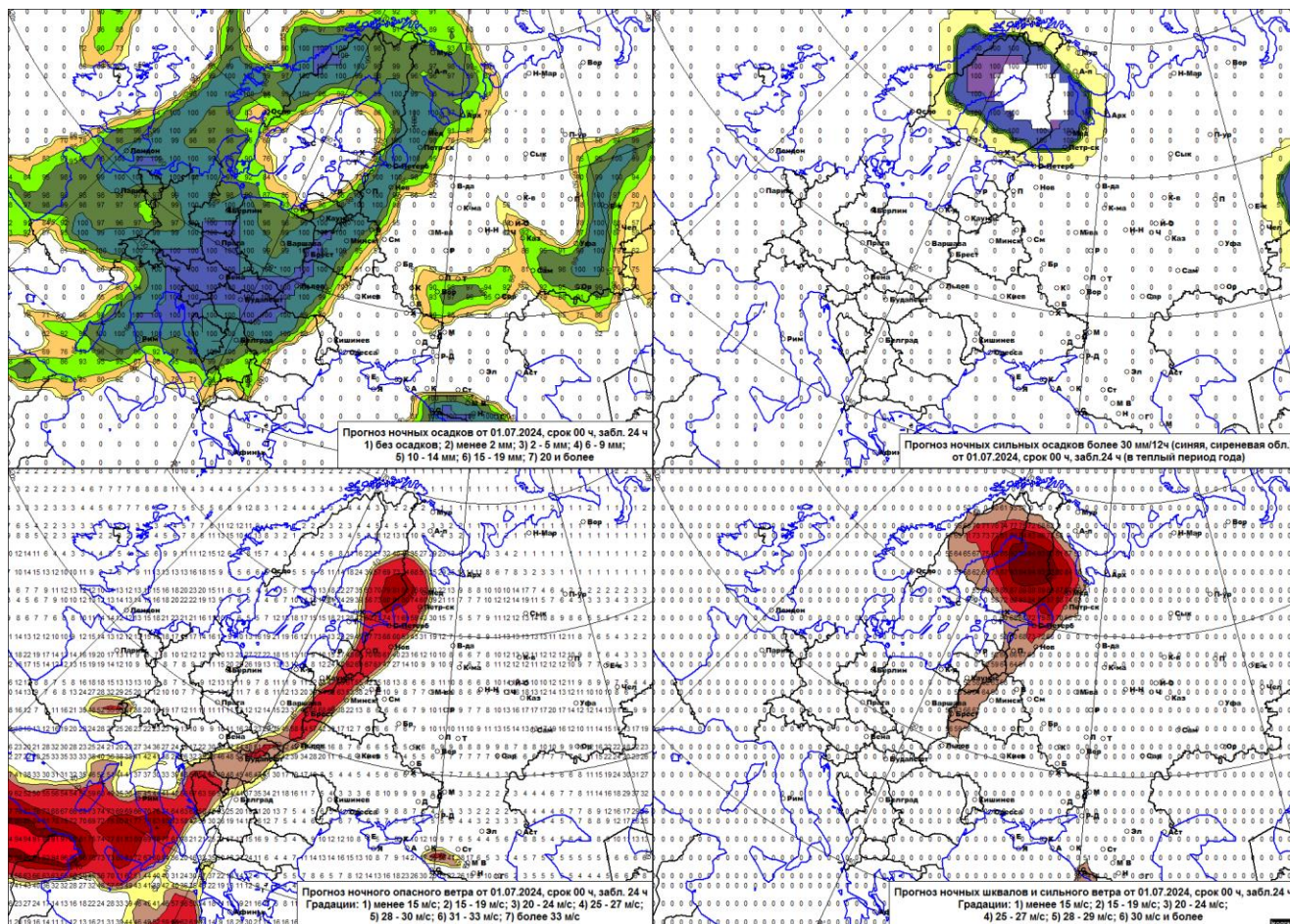


Карты прогноза на 20.06.24. В Москве-26,4м/с, в МО-26м/с и 25м/с. 7 чел. пострадали, 2 погибли. Повалено 503 дерева, 443авто пострадали, в МО пострадали 5человк и 124авто, повалено 660 деревьев. По Курской, Липецкой, Белгородской до 24м/с, ущерб –порваны 21ЛЭП, 32 кровли, 6 газовых труб в Белгородской, В Курской то же самое, притом 15-38мм

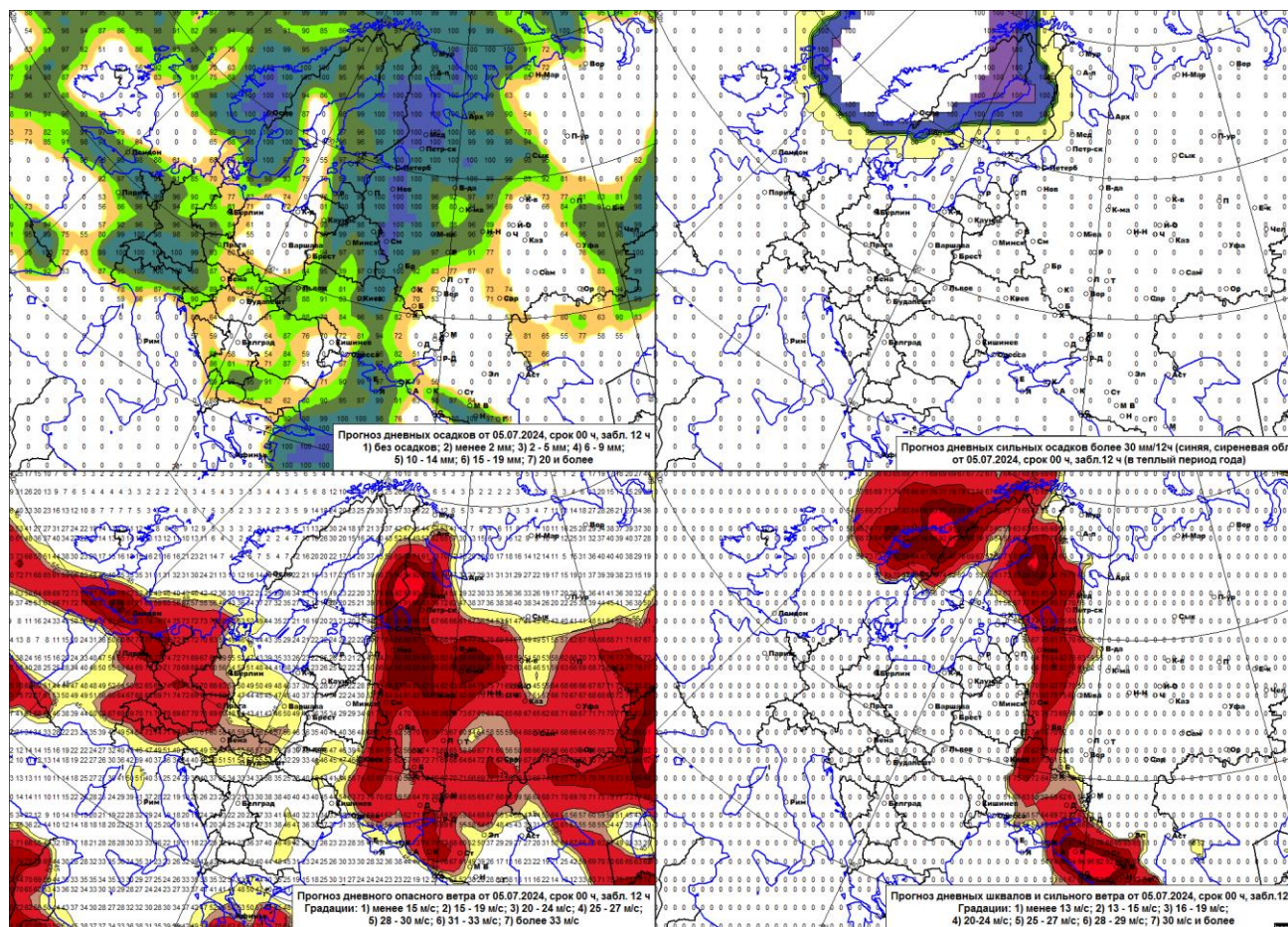


Карты прогноза на вечер 1.07.24 по сроку 00ч ВСВ.

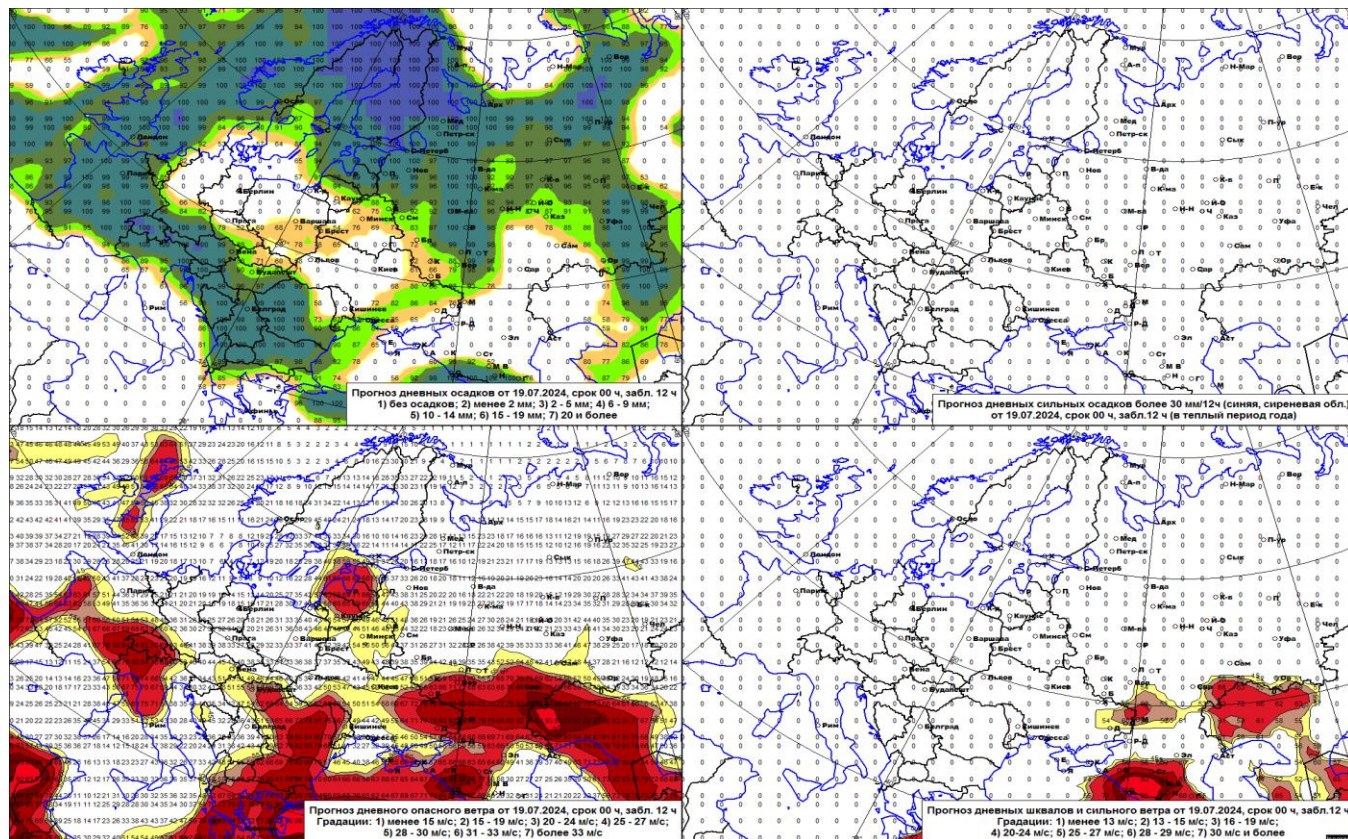
Вечером в Пулковско порывы ветра с $V=31\text{ м/с}$., в Волхове - 23 м/с .,-в Кронштадте – с.л.д. 21мм, отмечен большой ущерб в С-П: 500 дер., 7ЛЭП,1человек погиб, 3 -пострадали



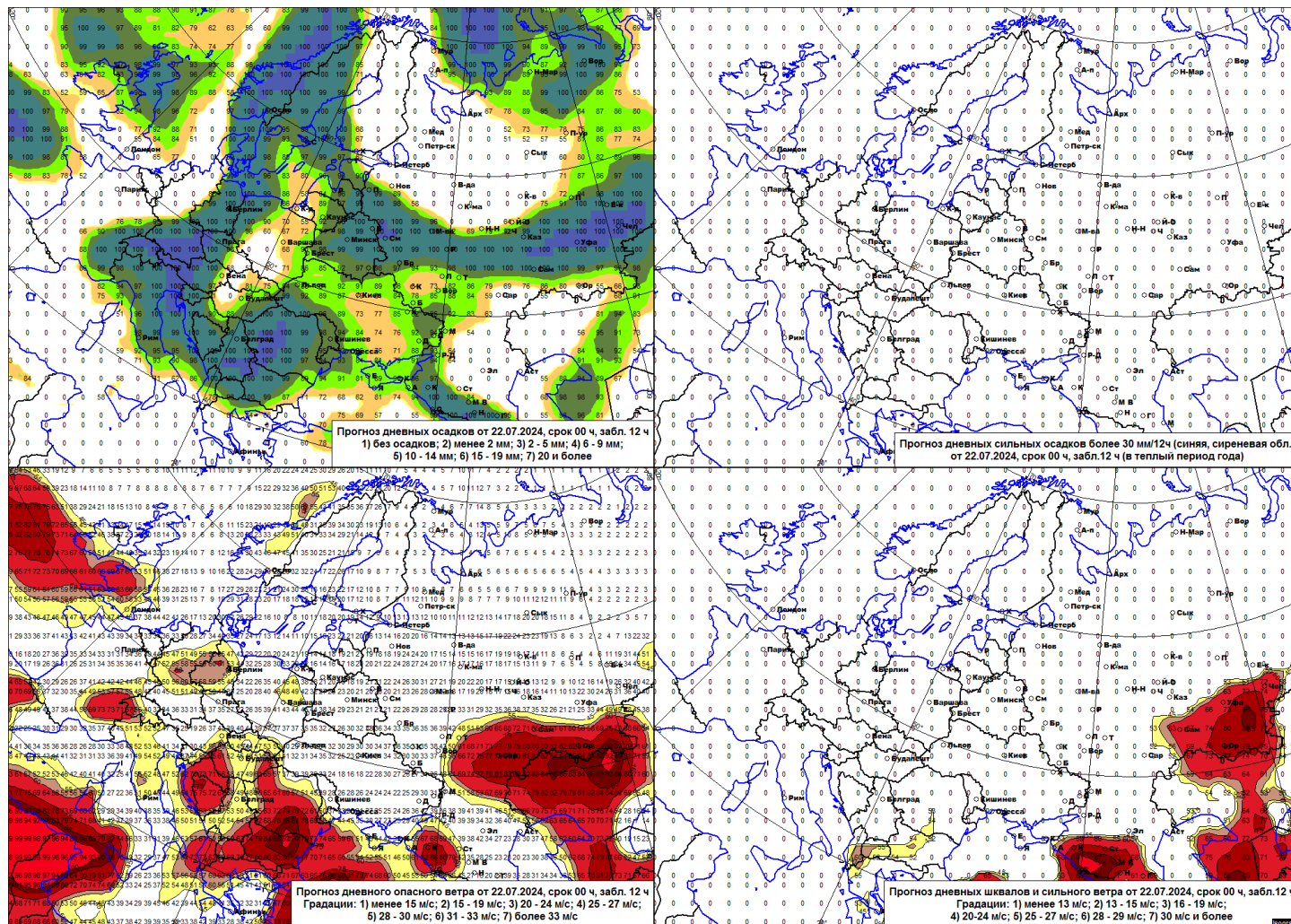
Карты прогноза на текущий день 5.07.24 ,в Тверской -47мм/12ч, в
 Московской -54мм/12, в Клину- 31мм/1ч, в Тверской- 40мм/1ч,
 В Оренбургской – 25м/с, в Тверской, Московской, Ярославской -18-20м/с



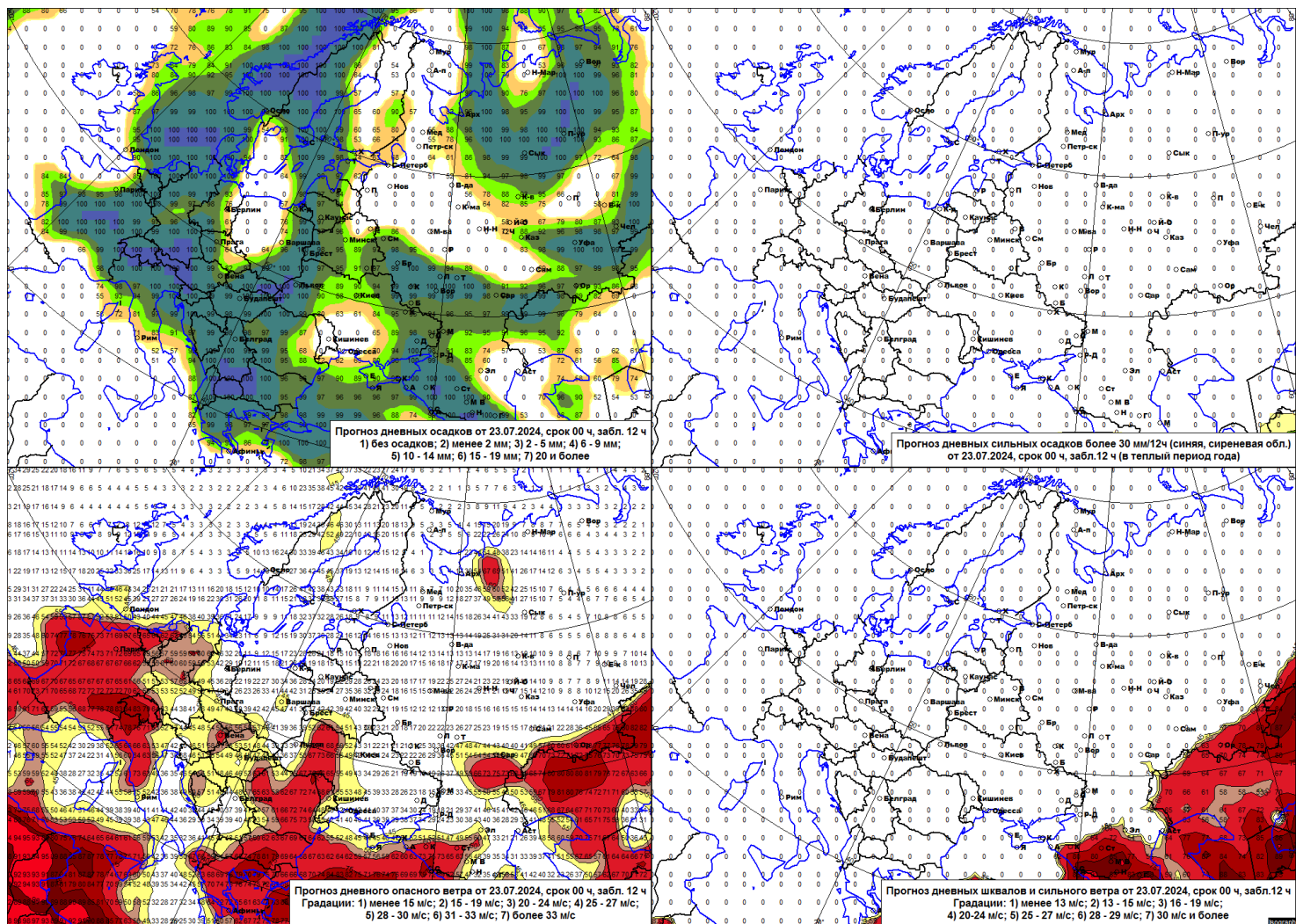
Карты прогноза на 19.07.24, в МО, мс Подмосковная -68мм/4ч, в Троицке-20мм/1ч. В Сколково-20/4ч. Жаркая погода в Волгоградской до 41, в Калмыцкой до 42,5, в Мелитополе- 41,7 , Туапсе, Джубга, Анапа – 40 градусов.



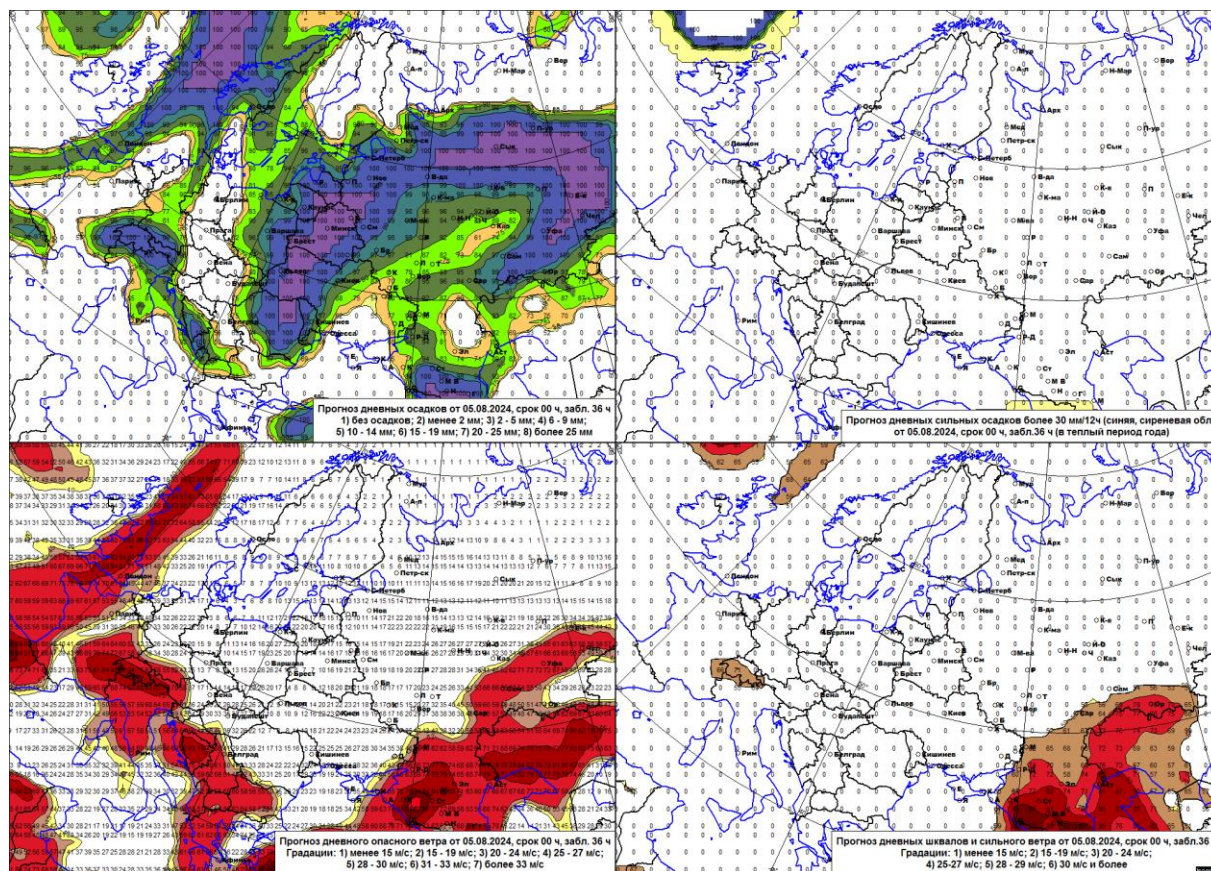
Карты прогноза на текущий день 22.07.24, в Казани 49мм/12ч, в Лайшево-29мм/12ч, в Туймазы- 41мм/12ч, в Чишмы-31мм/1ч, в Самарской-22мм/12ч. В Казани – очень большой ущерб.



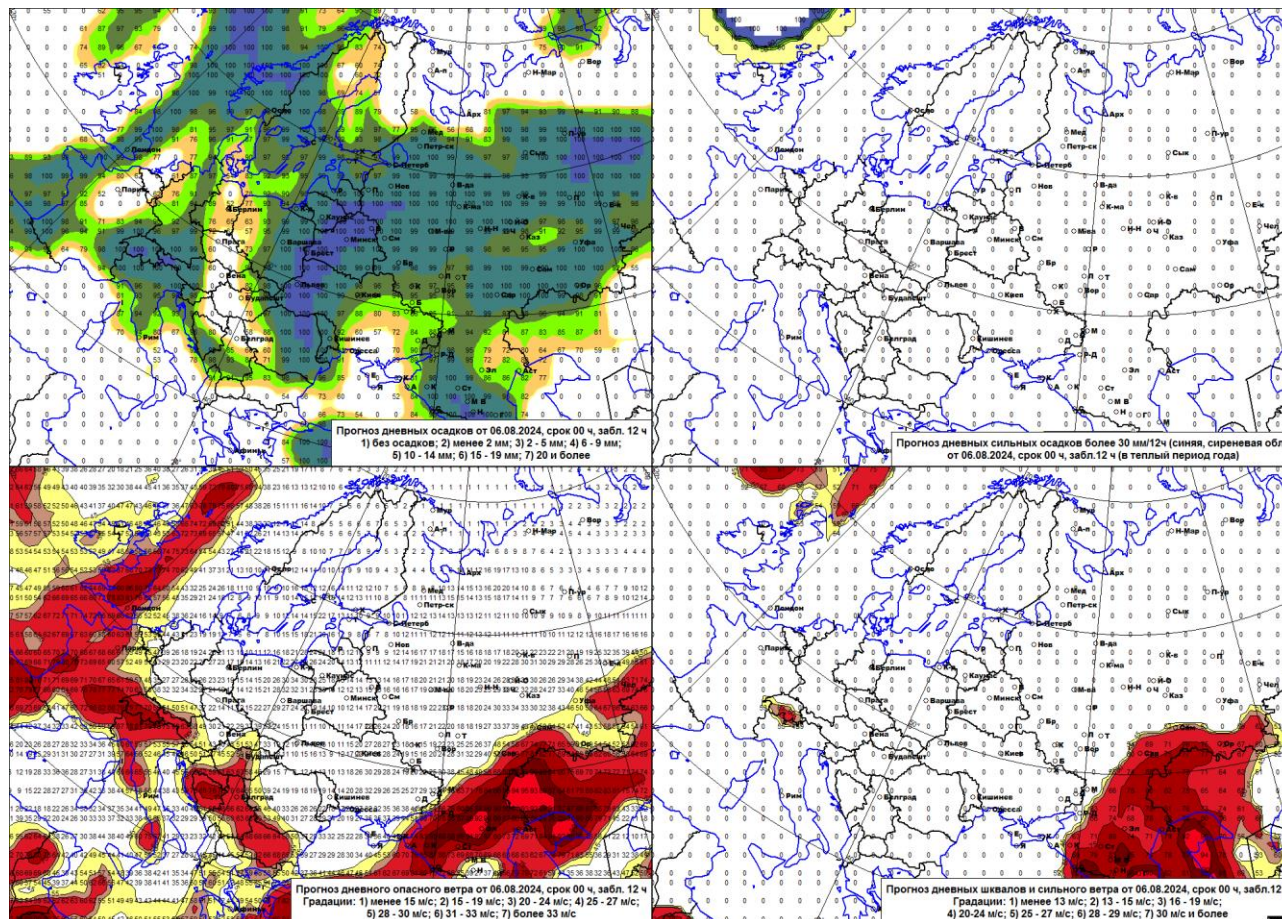
Карты прогноза на день 23.07.24 по сроку 00ч ВСВ, в Сочи в Дагомысе 124мм/8ч, на р. Мзымта – 72мм/1ч, в Ростовской- 57мм/6ч, в Краснодарском- 74мм и 86 мм за полдня, в аэропорту Казани- 51мм (не предсказали).



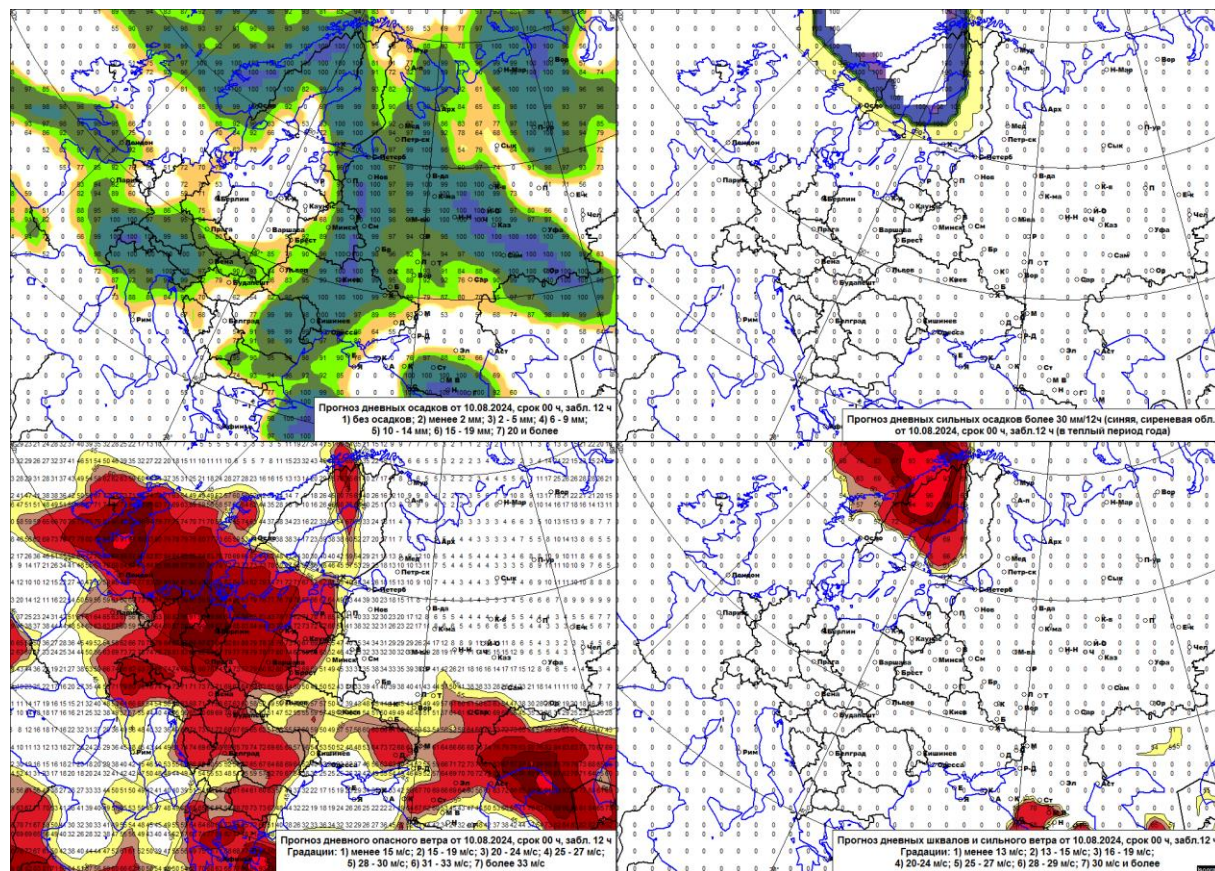
Прогноз на 5.08.24, в Ростовской -28м/с, в Зеленокумске – 28м/с(Б) в Смоленской – сильный ливень 33мм/1ч, во Владимирской -44/1ч, в Московской дожди НЯ, в Краснодарском крае 33мм/1ч и 52-55мм, в ДНР-54мм



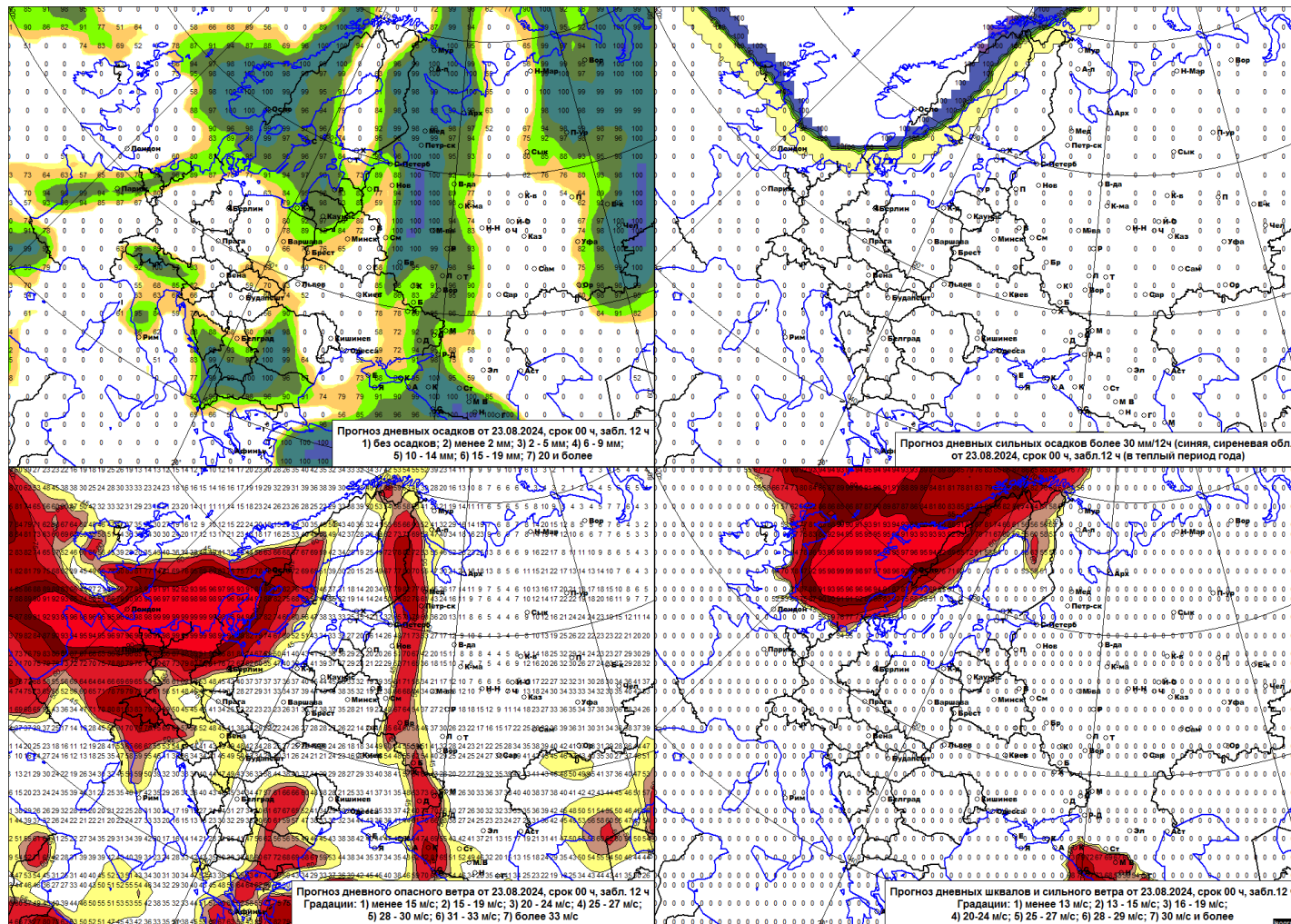
Прогноз на 6.08.24, по территории Сочи: Кичмай-74мм/9ч, Мамедова щель - 41мм/1ч утром, в Лазаревском -96мм, в том числе -41мм/1ч, в Хосте - 120мм/3ч, в затоплении 7 улиц, больницы, ТЦ. В Кабардино-Балкарии - опасный ветер 24,5-28,5 (Б) с разрушениями, в Оренбургской 59мм/2ч.



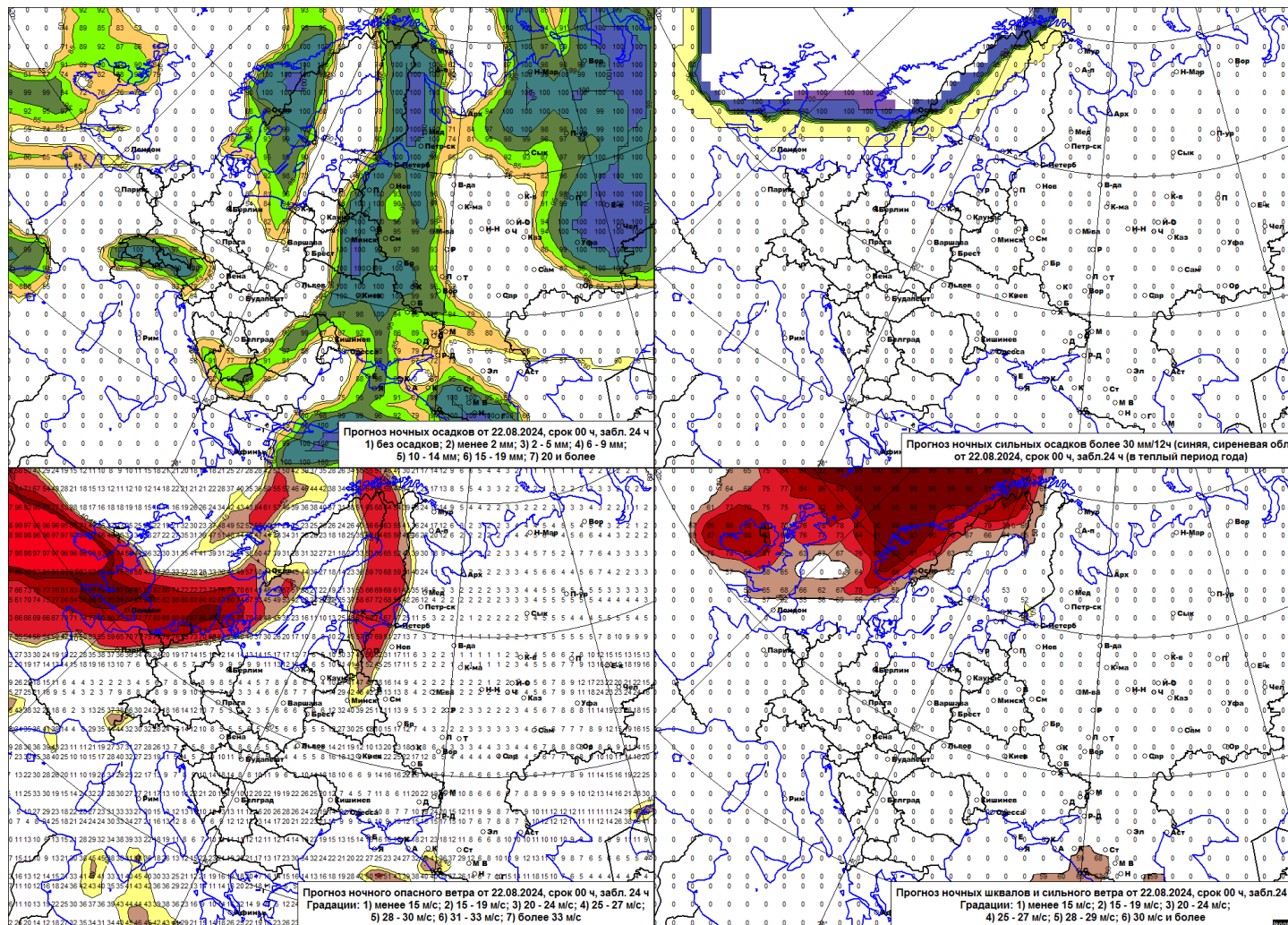
Прогноз на 10.08.24, в Нижегородской, в Лысково-47мм/12ч, в Больших Мурашках-55,7/12ч, в Чувашии-52,6мм/6ч, в Оренбургской – 68мм/12ч, в Чувашии -52/6ч, в Татарстане, в Казани большой ущерб в виде сбоя трамваев.



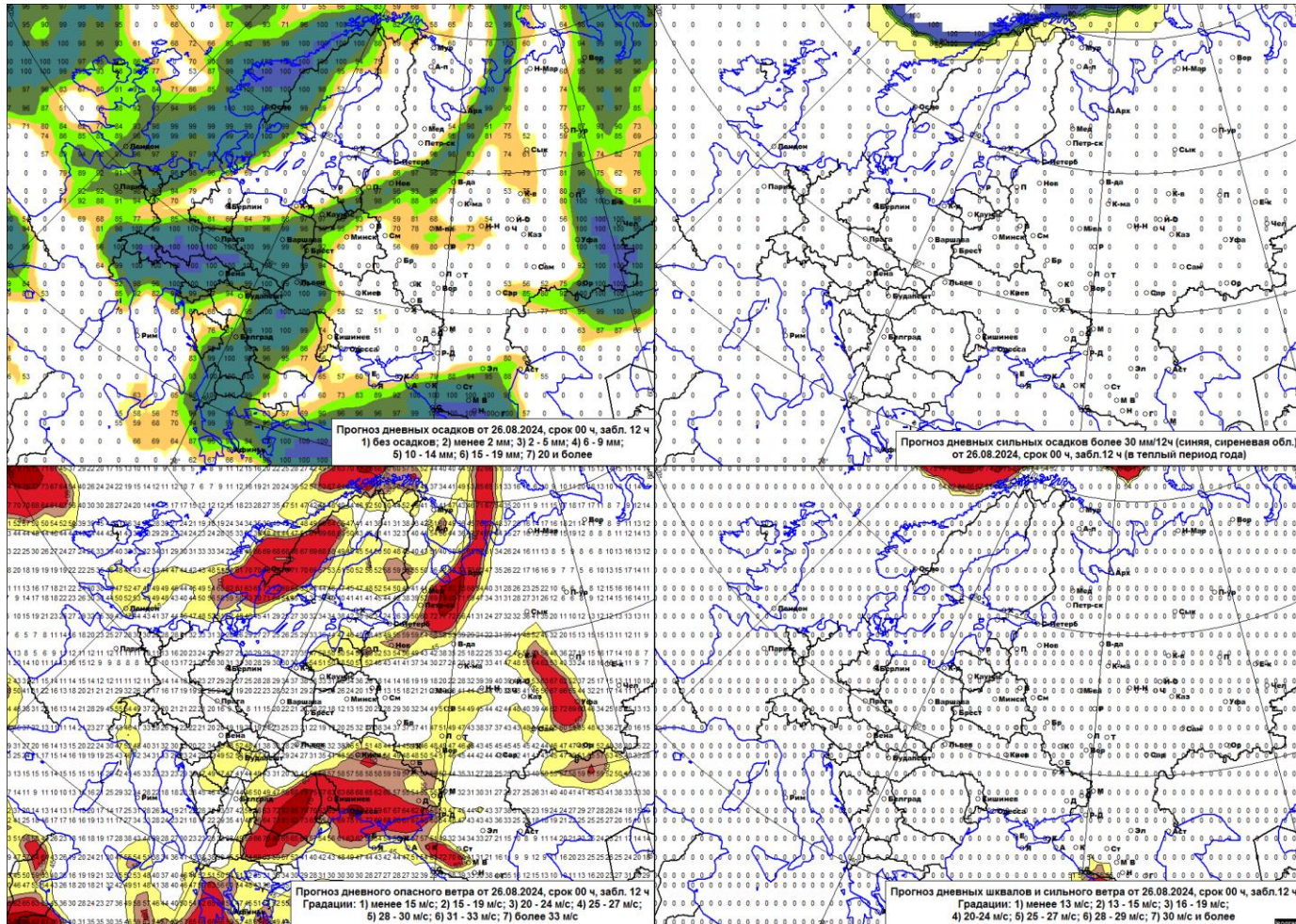
Прогноз на текущий день 23.08.24, в С-П -32мм/1ч, в Ломоносове 40мм/1ч, в Лисий Нос-39мм/12ч, в Карачаево-Черкессии –КМЯ (ливни, грозы, шквалы со скоростью до 24м/с)



Прогноз на вечер 22.08.24-ночь 23.08.24 с заблаговременностью 24ч Очень сильные осадки в С-П, на станциях в Ломоносове и Лисий, по другим в ЛО отмечены осадки и ветер НЯ

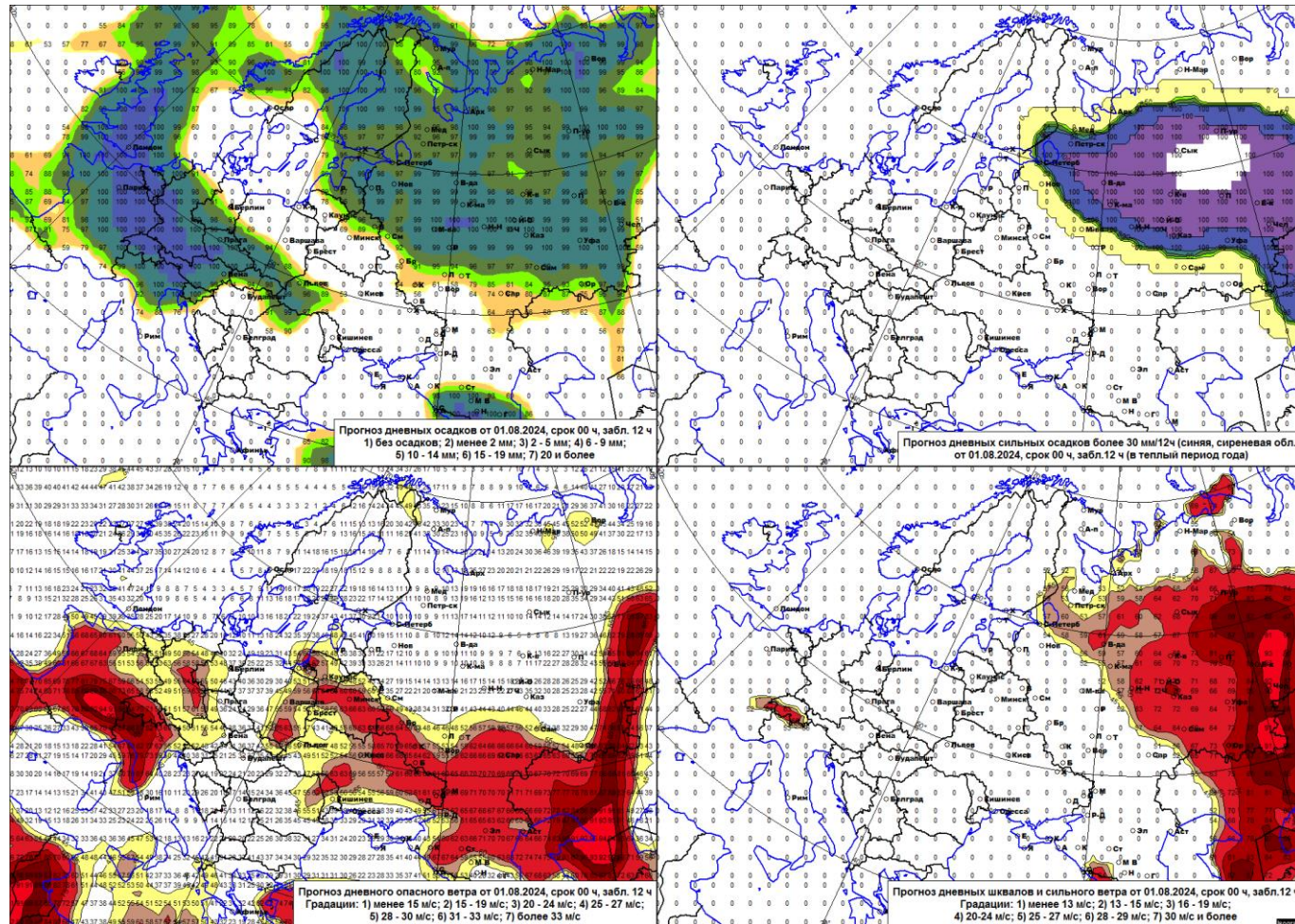


Прогноз на 26.08.24, в Краснодарском крае в г. Сочи-76мм/4ч, в
Лазаревском-59мм/4ч на м/с Хоста с 20ч -54мм/1ч, с 1ч-62мм/1ч, в
Калмыкии много НЯ явлений.

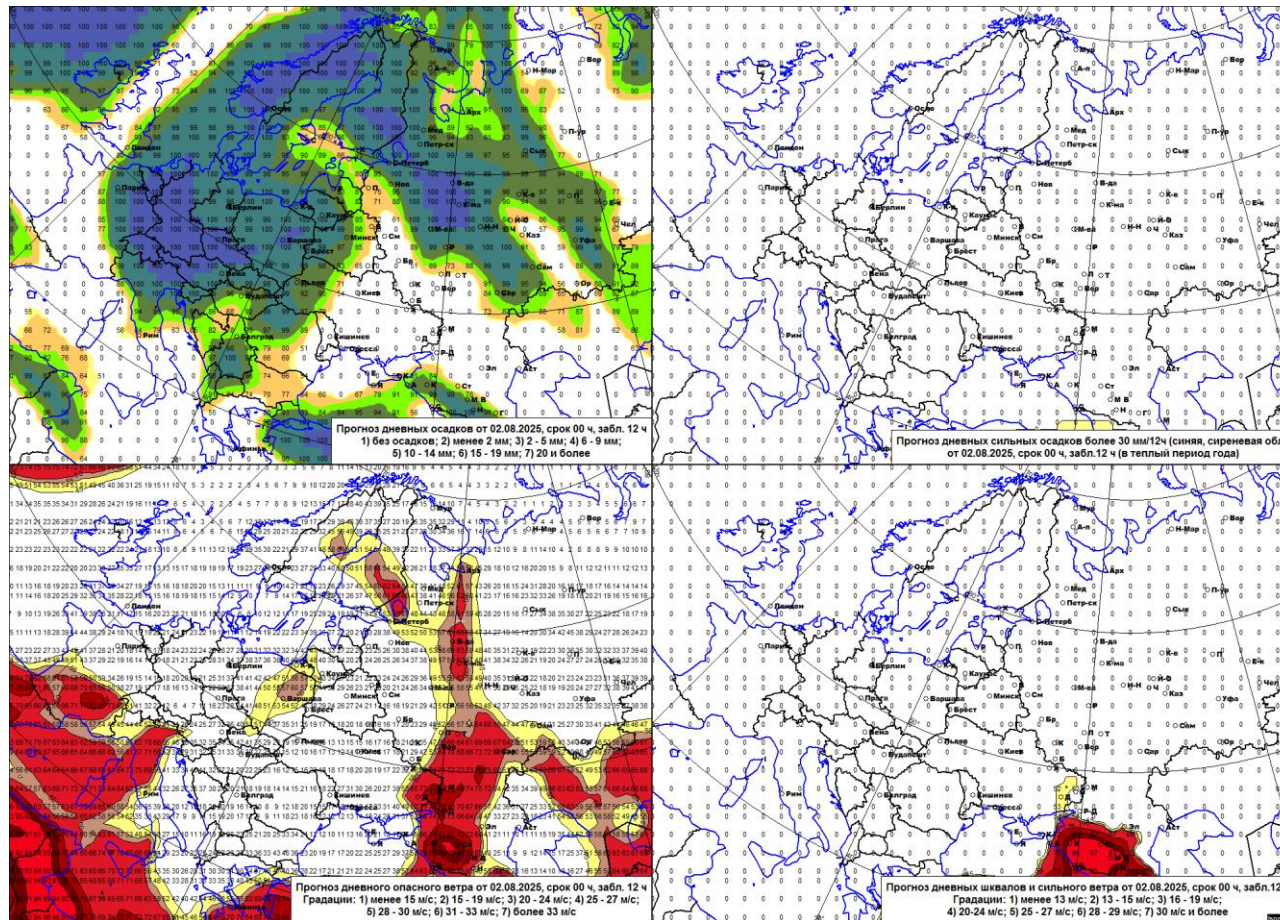


Примеры прогностических карт,
представленных на сайте ГВЦ для
летних месяцев 2025 года (август,
сентябрь)

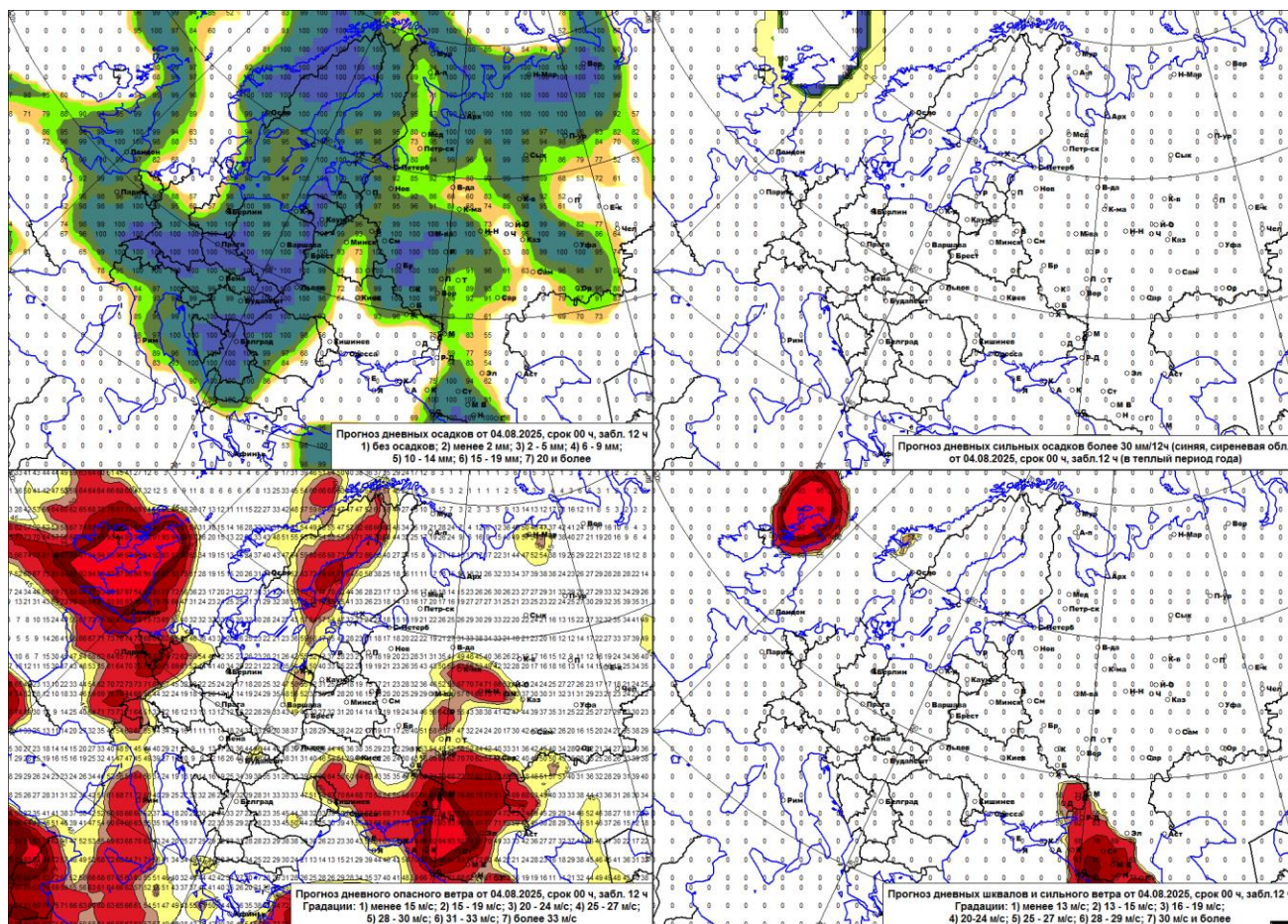
Прогноз на текущий день 1.08.25, в Москве с.д, в МО-3 станции показали 31мм/1ч - 33мм/1ч, в Калужской -61мм/12ч . В Домодедово-порывы сильного ветра скоростью 27м/с.



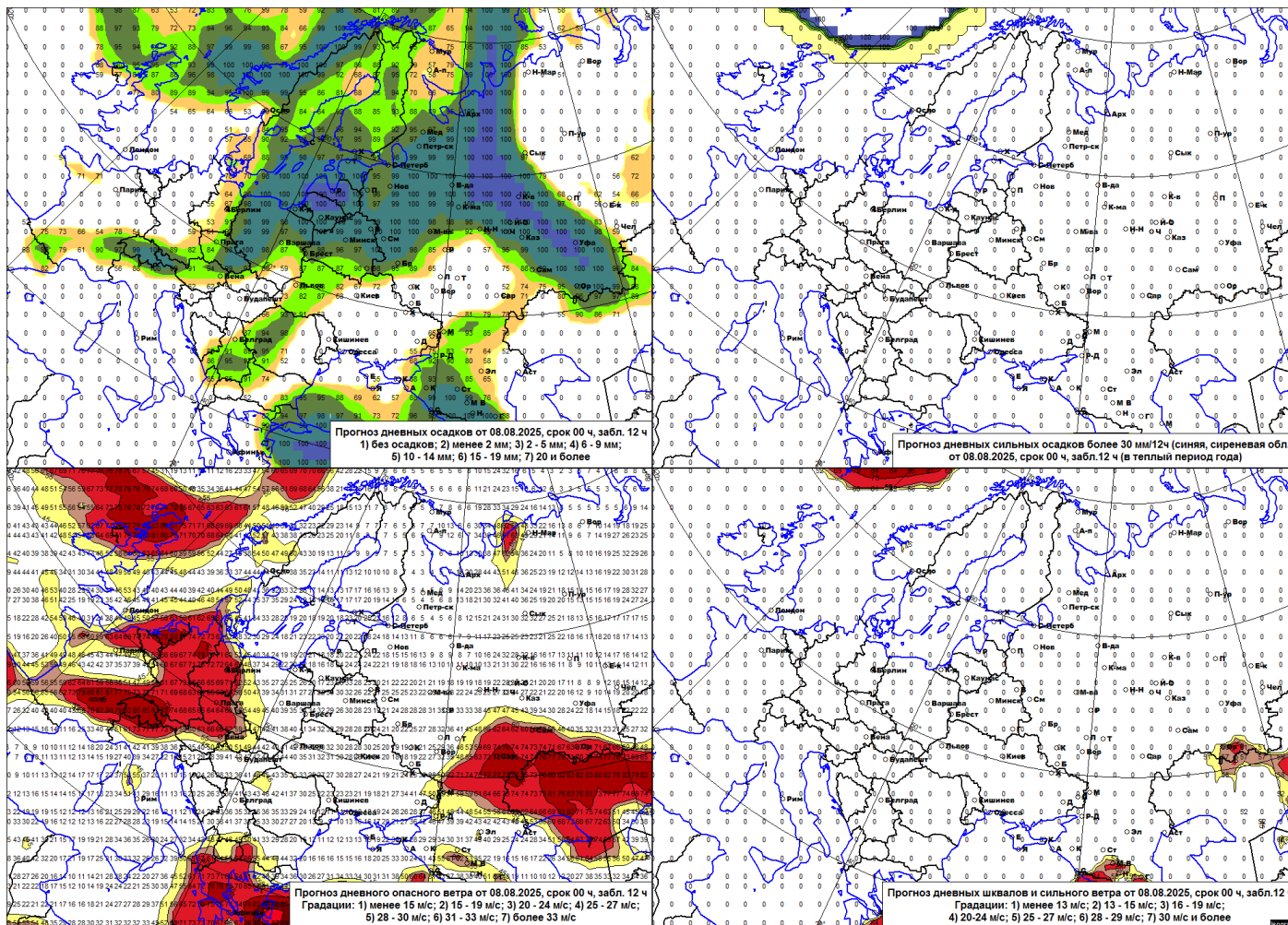
Прогноз на текущий день 2.08.25, в Ивановской -51/8ч, в Павлово Нижегородской- 50мм/40мин, в Арзамасе-117/9ч.



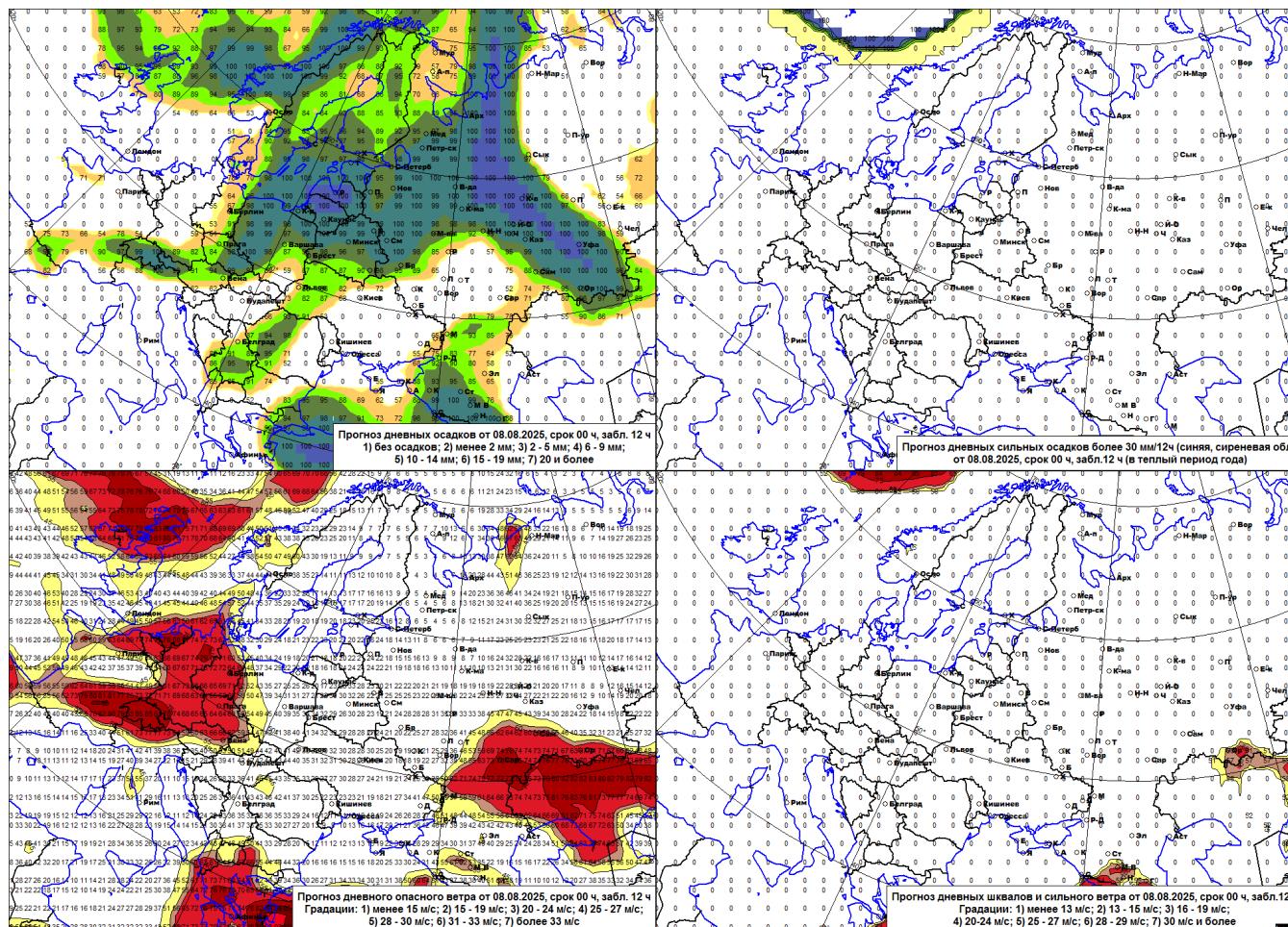
Прогноз на текущий день 4.08.25, в Москве и МО сильные ливневые дожди на 3-х мс-18мм/6ч, в МО –сильные -28мм/12ч, в МО - 40мм/12, в Калужской -61мм/12, в Курской- 17-35/12.



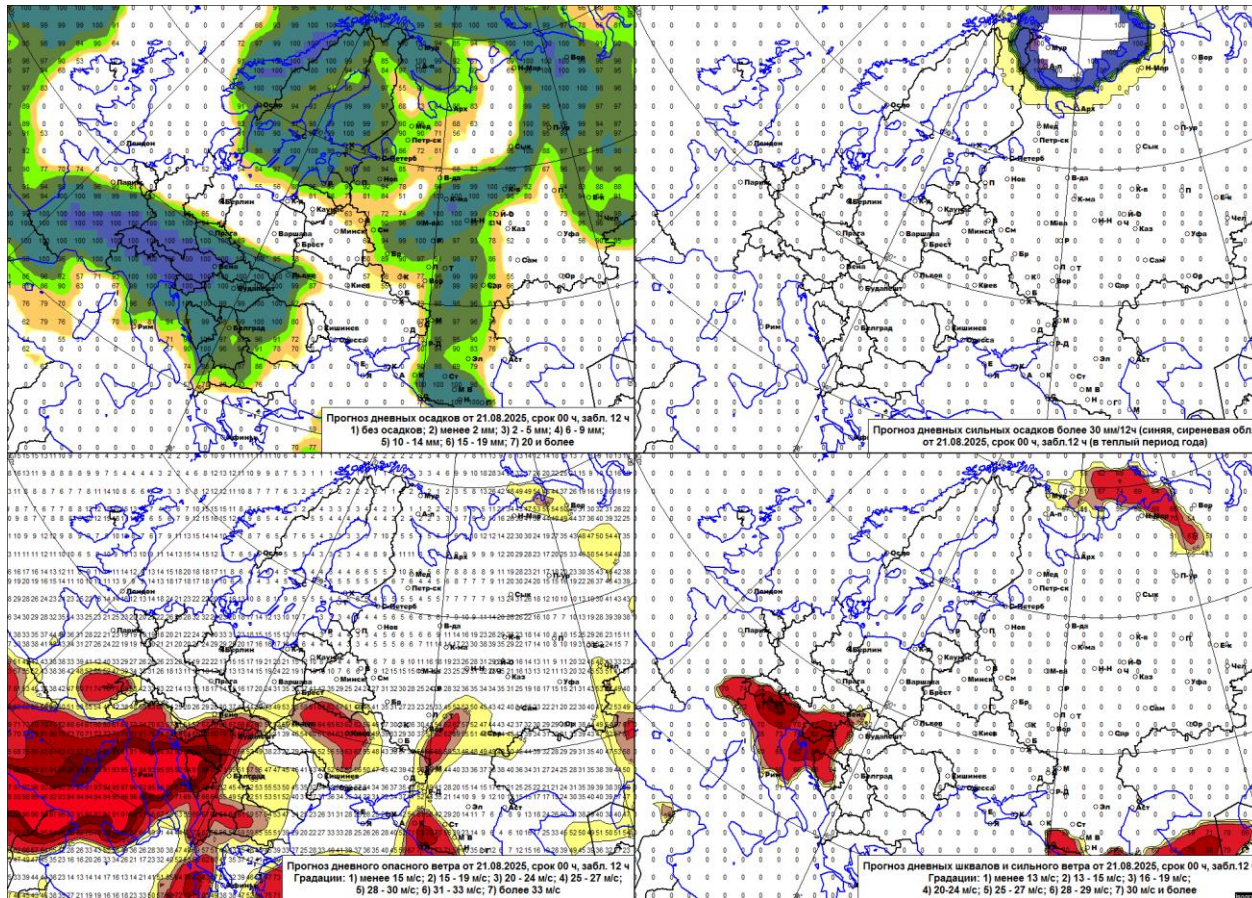
Прогноз на текущий день на 8.08.25, В Архангельской и Вологодской соответственно 57/12ч и 68/12ч



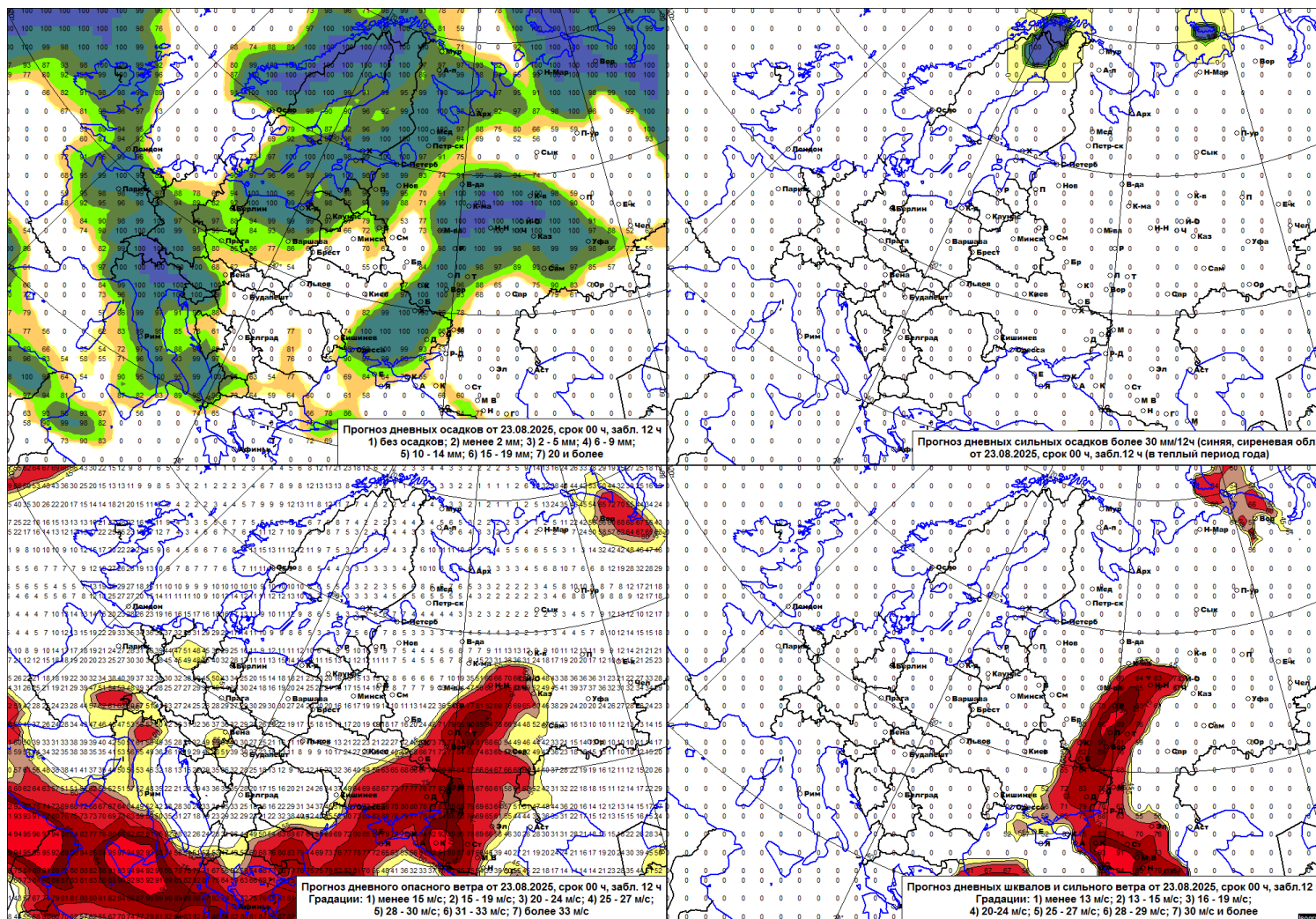
Прогноз на 8.08.25, в Удмуртии -64мм/10ч, в Кировской в Уни-77мм в
Фаленки- 72мм за 12ч, они же 39мм/1ч и 31мм/1ч, в Уфе-24мм/1ч.



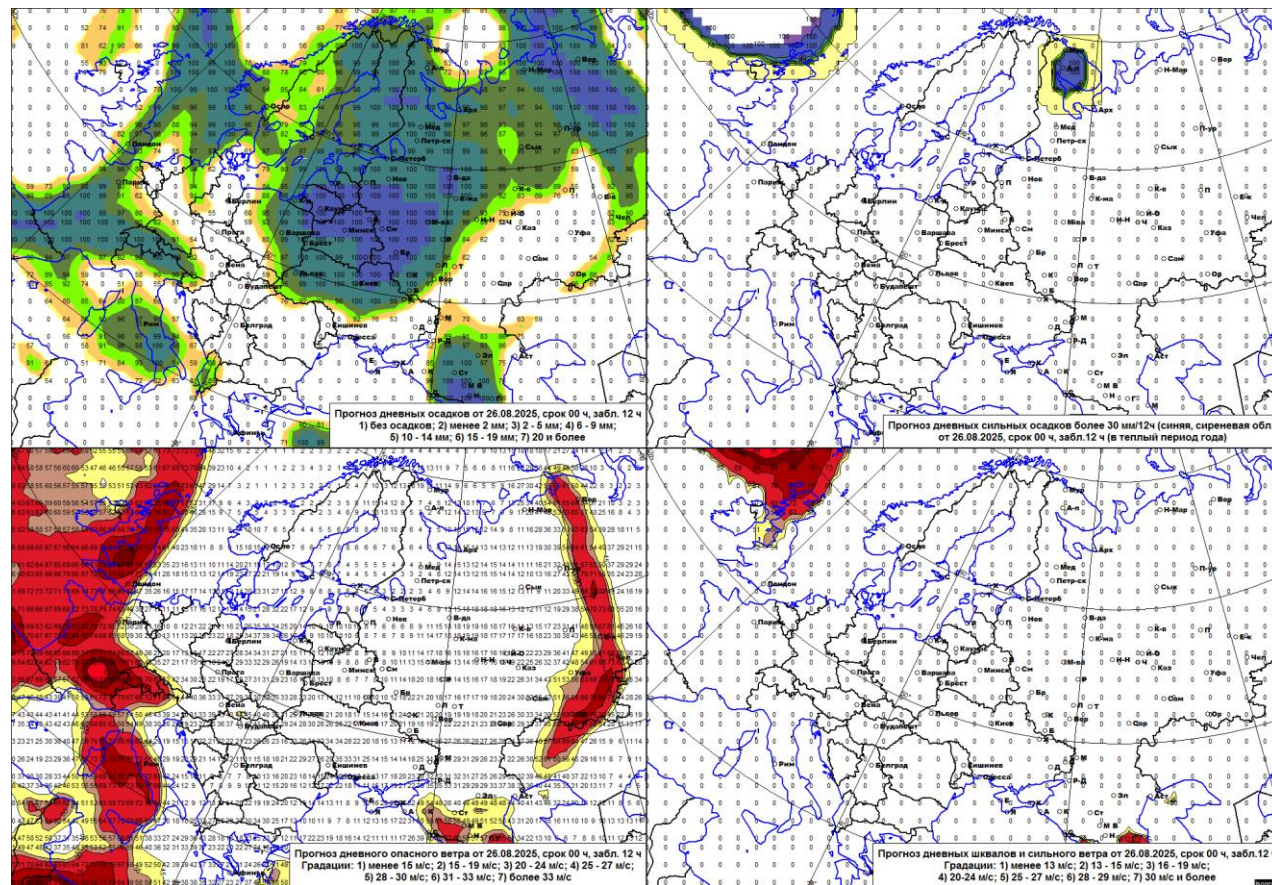
Прогноз на 21.08.25, в Адлере -45мм/1ч, на мс Пластунка- 35/1ч, при этом на ФТ Сириус- 37 градусов. Ущерб в резком поднятии уровня реки Хоста почти на 1м.



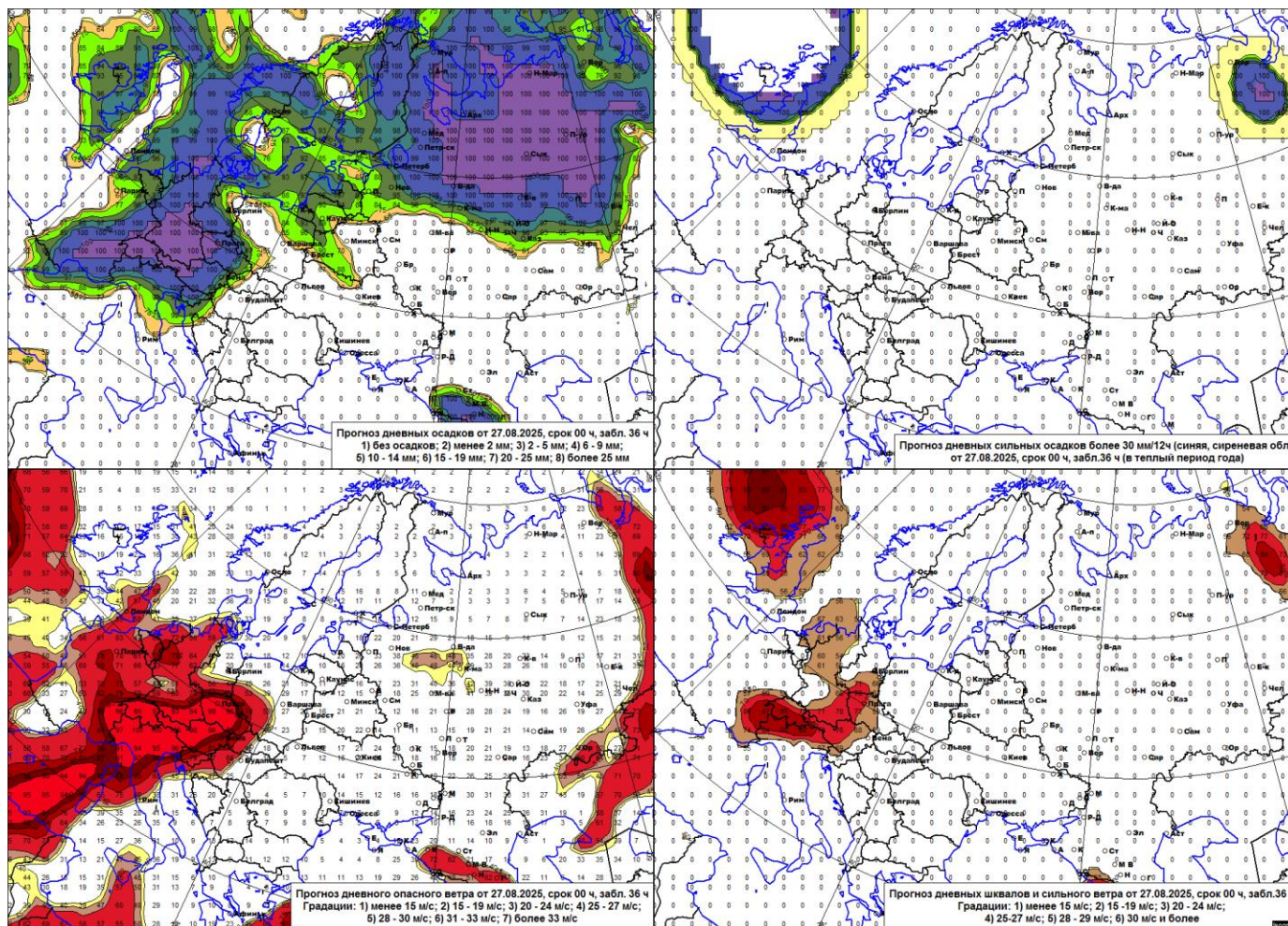
Карты прогноза на текущий день 23.08.25 по сроку 00ч ВСВ, в Дебальцево ветер скоростью 24м/с и ливень 21мм/1ч, в Луганске- 24-28м/с, большой ущерб, в Карачаево-Черкессии шквал порыв 24м/с (Б)



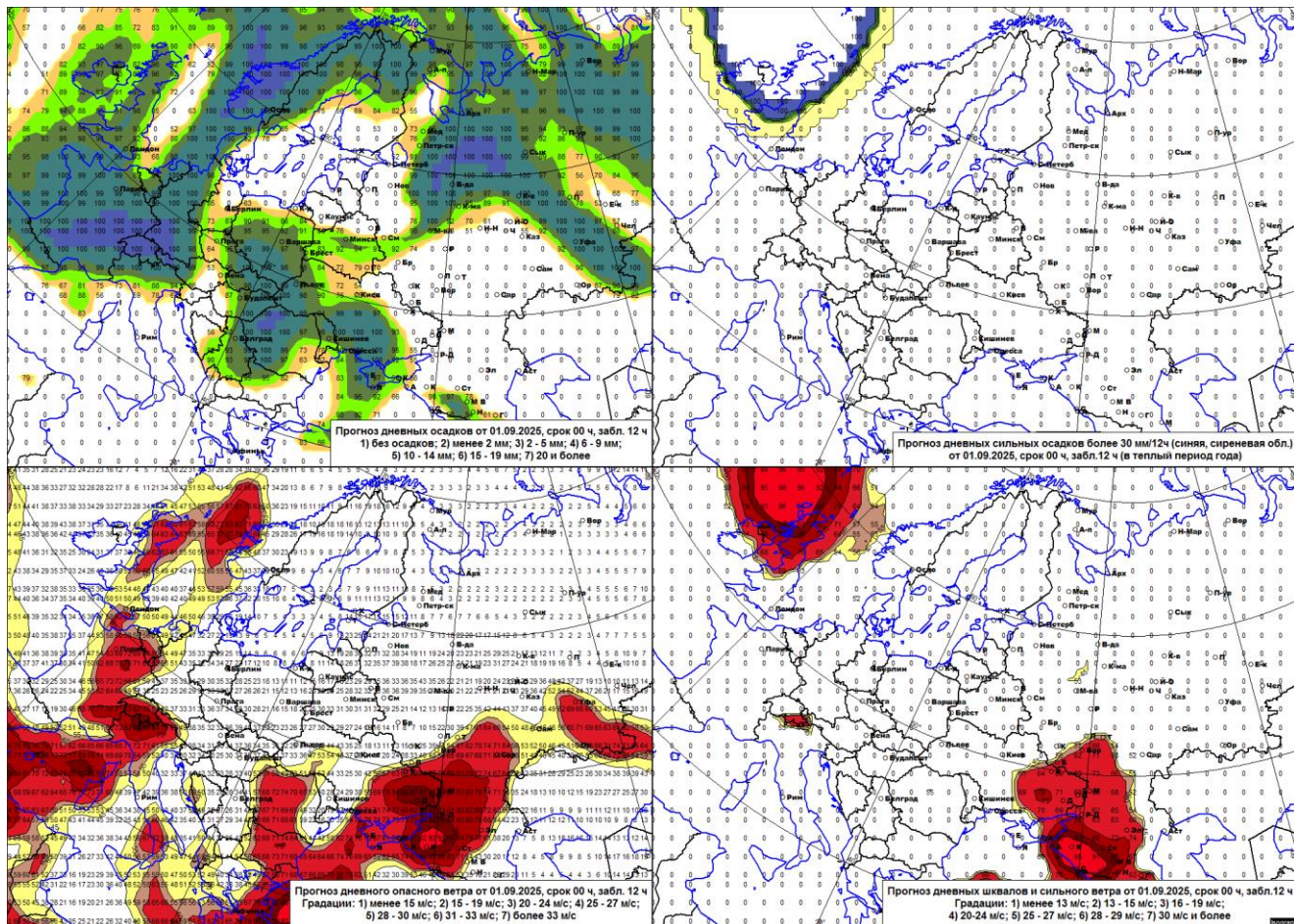
Карты прогноза на текущий день 26.08.25 по сроку 00ч. В Татарстане в пункте Отарка 58мм/9ч, включающих ночь. На прогностической карте на день 26.08.25 в Татарстане нет сильных осадков, карты на ночь не оказалось в базе



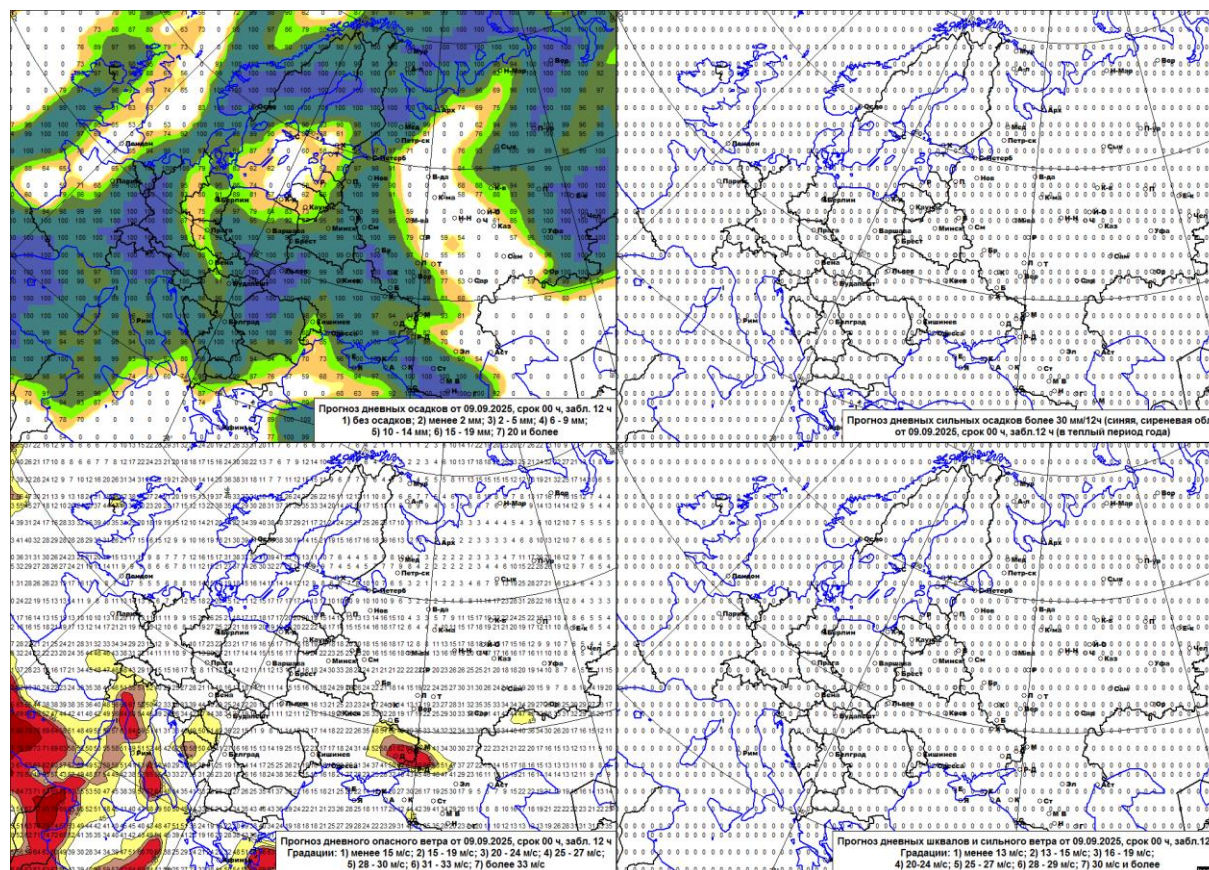
Карты прогноза на следующий день 28.08.25 по сроку 00ч от 27.08.25 . В Кировской , в Уни очень сильный ливень 30мм/1ч



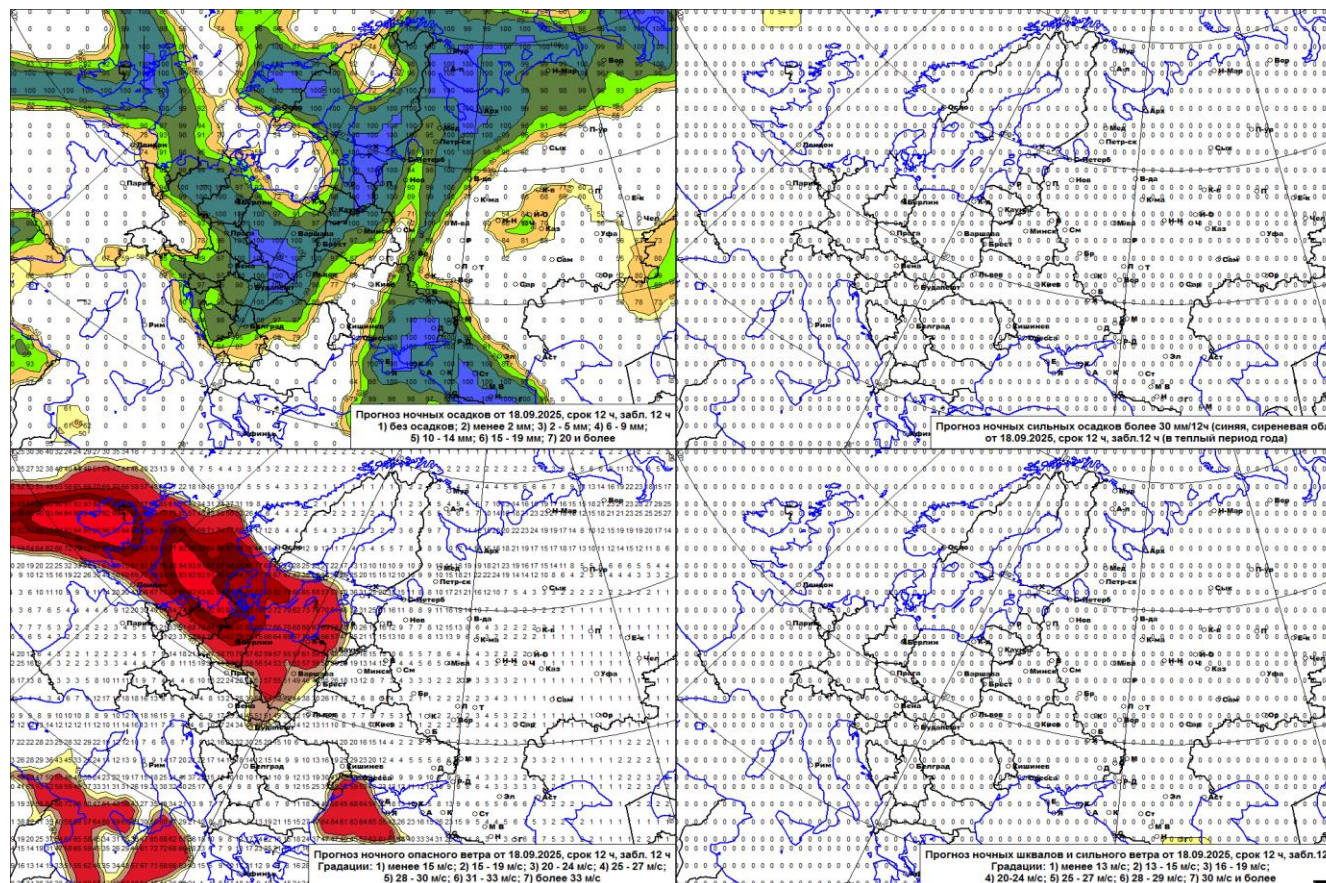
Карты прогноза на 1.09.25. на текущий день за срок 00ч. В Вологодской- 50мм/12ч, в Череповце- 60мм/12ч, в Аннино-59мм/12ч.



Карта прогноза на текущий день 9.09.25. по сроку 00ч ВСВ.
 В республике Крым осадки : 71мм/6ч, 53мм/6ч, 38мм/3, в Лазаревском р-не
 г. Сочи-53/1ч, Кабардино-Балкария, Карачаево-Черкессия- 16-41мм/12ч.

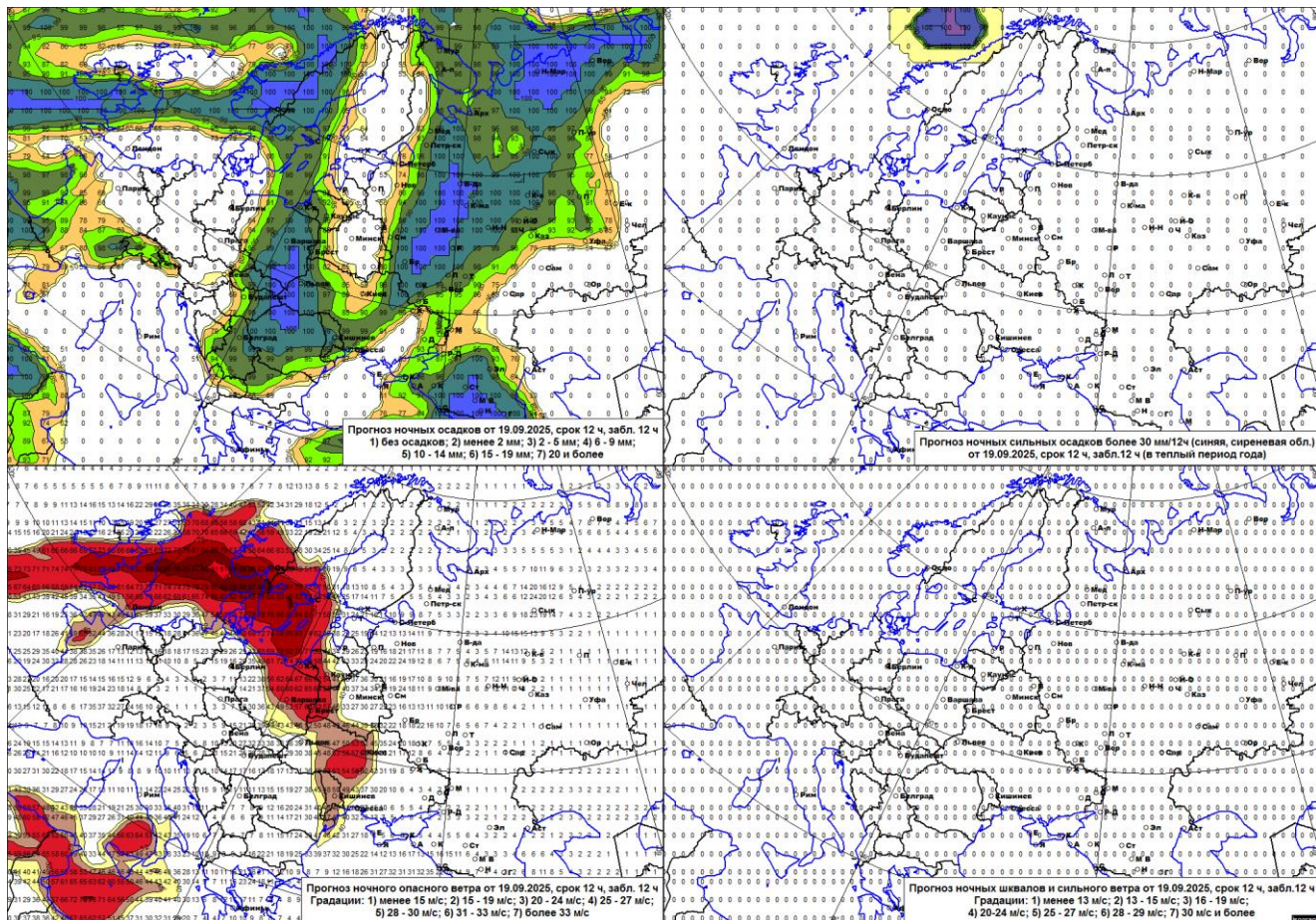


Карты прогноза на ночь 19.09.25 от 18.09.25 за срок 12ч ВСВ с заблаг. 12ч
В Сочи и ФТ Сириус -73мм/6ч,, В Крыму- осадки НЯ. В Ставропольском –
много случаев осадков НЯ, в Архангельской и Вологодской –осадки НЯ



Карты прогноза на текущий день 19.09.25 по сроку 00ч ВСВ.

В Сочи, на мс Дагомысе , -42мм, в Запорожье, в Бердянске -42мм, в Ставропольском крае – НЯ 17-32мм, в Кабардино-Балкарии, Дагестане по разным станциям НЯ, ущерб большой..



Выводы

- 1) Приведенные примеры прогноза опасного ветра скоростью 25 м/с и более и альтернативного прогноза неблагоприятных и сильных осадков количеством соответственно $Q \geq 15 \text{ мм/12 ч}$ и $Q > 20 \text{ мм/12 ч}$ по оперативно представляемым прогностическим картам показывают хорошие оценки успешности этого прогноза с предупреденностью более 85% ($P > 85\%$).
- 2) Альтернативный метод прогноза полусуточных неблагоприятных осадков (НЯ) дает небольшие ошибки первого и второго рода, не превышающие 0,1, в то время, как эти ошибки прогноза по гидродинамическим моделям, особенно первого рода, превышают и 0,4, что свидетельствует о необходимости совместного использования для прогноза таких явлений и гидродинамических, и статистических моделей.
- 3) Авторская оценка прогноза очень сильных ливневых осадков по выделенным областям с вероятностью $P > 99\%$ по предупреденности этих явлений также достаточно успешная, практически $P = 95\%$. Однако синоптики хотели бы иметь более детальный прогноз таких осадков, который не могут им представить гидродинамические модели.
- 4) Мы видим дальнейшее усовершенствование прогноза ливневых осадков большой интенсивности с помощью построения новых функций распознавания, полученных на новых архивах, содержащих значительное количество таких ливней, подобных тропическим, которые обрушиваются и на нашу европейскую часть России после периода значительной и опасной жары с появлением атлантических циклонов.

Литература

- 1 Андерсон Т. Введение в многомерный статистический анализ. – М: Физматгиз, 1963 – 500с.
- 2 Васильев А.А., Песков Б.Е., Снитковский А.И. Смерчи 9 июня 1984 г. Информационно-методическое письмо. Ленинград. Гидрометиздат. 1985г. 40 с.
3. Веселова Г.К., Гайфутдинова Р.Г., Гостева И.П., Дурова Т.В., Овечкина Г.П., Пригодич Н.Ф., Татарова Н.И. Результаты испытания автоматизированного метода прогноза дневных максимальных скоростей ветра (не менее 20м/с), связанных с активной конвекцией, заблаговременностью 12 и 24 ч//Информационный сборник № 23, 1995,с. 7-12.
- 4.Наставление по краткосрочным прогнозам погоды общего назначения. Обнинск. “ИГ-Социн”, 2009, 50с.
5. Переходцева Э.В. Прогноз шквалов статистическими методами классификации на основании диагностических и прогностических синхронных связей. Труды Гидрометцентра СССР, 1985, вып. 271, с. 37-60.

6. Переходцева Э.В. Объективный физико-статистический метод прогноза шквалов (20м|с и более) на текущий день для европейской территории. Методические указания. Москва-1992.
7. Perekhodtseva E.V. Hydrodynamic- statistical model of forecast to 36 hours ahead of dangerous convective daytime and nighttime phenomena – squalls, tornadoes and rainfalls. Research activities in atmospheric and oceanic modeling, Report 32, 2003.
8. Переходцева Э.В. О модели прогноза летних атмосферных вихрей с горизонтальной и вертикальной осью, связанных с активной конвекцией. Тезисы международной конференции «Потоки и структуры в жидкостях», Санкт—Петербург, июль 2007г

9. Perekhodtseva E.V. The statistical model of automated forecast of the dangerous summer wind over the North-West territory of Russia. The V workshop on the modeling and simulation. S.-P. 28.06.09-3.07.09. Proceedings. p.59-62.
10. Переходцева Э.В., Золин Л.В. Гидродинамико-статистическая модель и экспертная система прогноза смерчей на европейской территории России. Труды Гидрометцентра России. Вып. 342. – 2008, с.45-54.
- 11 Perekhodtseva E.V. Hydrodynamic-statistical model of operative forecast to 12-36h ahead of storm winds including squalls and tornadoes of the territory of Siberia. Research activities in atmospheric and oceanic modeling. 2006. Rep. 48.

12. Переходцева Э.В. Анализ устойчивости статистической модели прогноза шквалов и смерчей для территории России // “Современные проблемы дистанционного зондирования земли из космоса”, Москва, 2009, т. 1, № 6, с. 155-162.
13. Переходцева Э.В. Прогноз смерчей и сильных шквалов в Центральном районе России летом 2009 года на основе статистических моделей // “Современные проблемы дистанционного зондирования земли из космоса”, Москва, 2010, т. 7, №3,
14. Переходцева Э.В. Гидродинамико-статистический метод прогноза шквалов и очень сильного ветра в градации опасных явлений в летний период с заблаговременностью 12-36ч по выходным данным региональной модели для Европейской территории Информационный сборник. 2013.№40, стр. 170-181.
15. Переходцева Э.В. О гидродинамико-статистическом прогнозе до двух суток явлений сильного ветра и сильных осадков для территории Северного Кавказа. Труды Гидрометцентра России. Москва, 2012, вып. 347, с.113-125.
16. Гидродинамико-статистический прогноз сильных летних полусуточных осадков по ЕТР на основе выходных данных региональной модели Гидрометцентра России. Информационный сборник. №41, 2014 с.74-88.

Спасибо за
внимание

Критерий минимальной энтропии

Пусть каждый из предикторов имеет плотность распределения $p(x_i)$ на $[a_i, b_i]$.

Если существуют условные вероятности $P_j(x_i) = p(j/x_i)$ того, что при фиксированном значении предиктора вектор $X=(x_1, \dots, x_N)$ принадлежит j -му классу, то можно задать энтропию классификации.

$$H(x_i) = \sum_{j=1,k} P_j(x_i) \log_2 P_j(x_i) \quad (1)$$

Эта величина может служить оценкой неопределенности принадлежности вектора $X=(x_1, x_2, \dots, x_N)$ к каждому из непересекающихся классов.

Среднее значение энтропии по каждому предиктору имеет вид:

$$H_i = \int_{[a_i, b_i]} H(x_i) p(x_i) dx_i = - \sum_{j=1,k} \int_{[a_i, b_i]} P_j(x_i) \log_2 P_j(x_i) p(x_i) dx_i \quad (2)$$

Если отрезок $[a_i, b_i]$ значений предиктора x_i разбить на s градаций, то (2) заменяется на двойную сумму:

$$H_i(s) = \sum_{j=1,k} \sum_{t=1,s} R_t^j \quad (3)$$

где

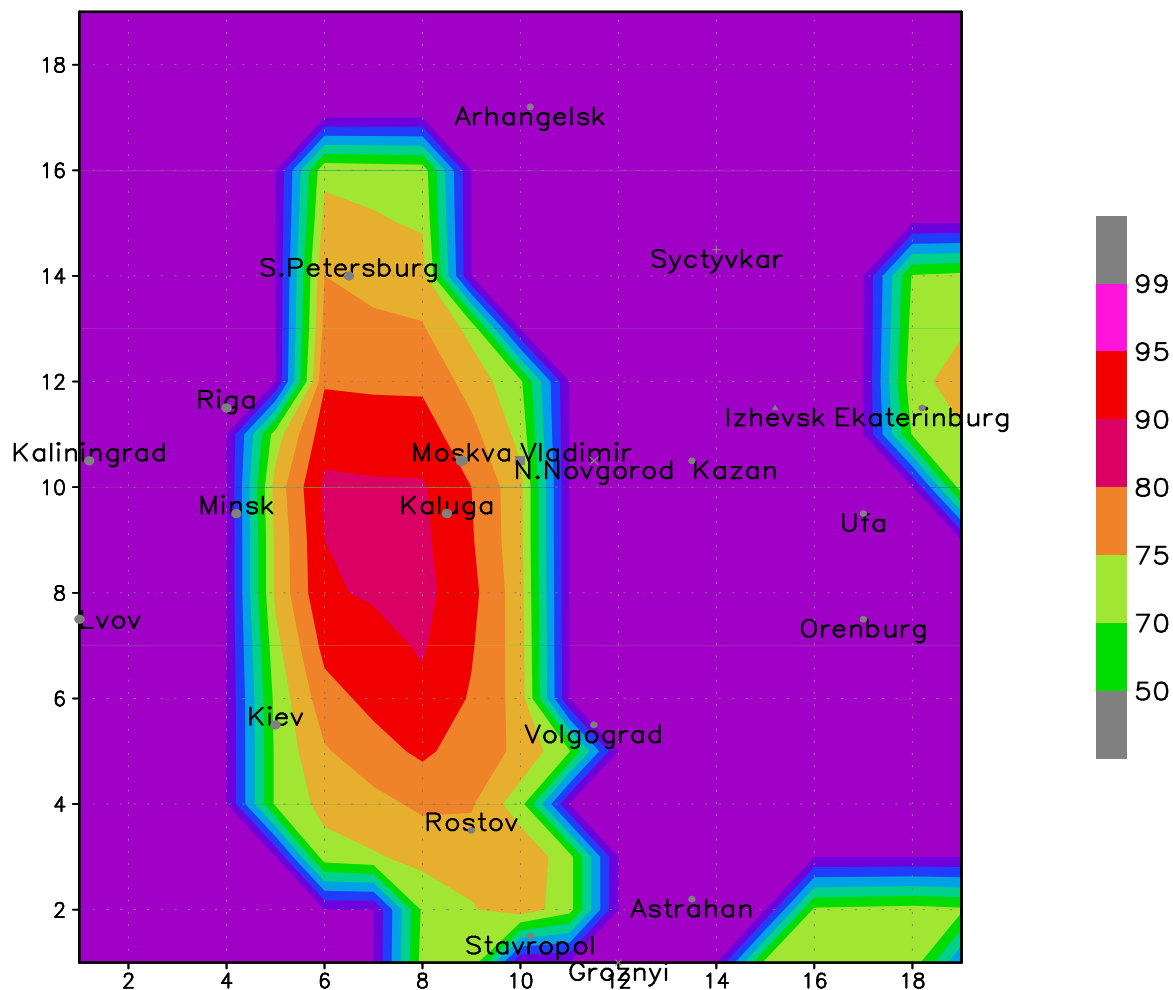
$$R_t^j = \int_{t-1,t} P_j(x_i) \log_2 P_j(x_i) dx_i \quad (4)$$

В работе [2] дана эмпирическая оценка для средней энтропии в зависимости от разбиения отрезка $[a_i, b_i]$ предиктора x_i на s непересекающихся градаций.

$$H_i(s) = \sum \sum [(m_j(t)+a)/(l_j+as)] [(l+as)(l+ak)] * \\ * \log_2 [(m_j(t)+a)(l_j+as)(l+as)/(l_j+as)(l+ak)(a+\sum_{j=1,k} m_j(t))],$$

где l_j – количество векторов X , принадлежащих j -му классу события A ; $m_j(t)$ – количество векторов X j -го класса, у которых значения предиктора X_i попали в t -ю градацию при разбиении отрезка $[a_i, b_i]$ на s градаций; $l = \sum_{j=1,k} l_j$ – общее число векторов X принадлежащих A ; A – константа, которая была выбрана равной 1,5 по рекомендации [2]. Разбиение отрезка изменения значений каждого предиктора, обеспечивающее минимум энтропии, называется оптимальным разбиением данного отрезка, а минимальная средняя энтропия такого отрезка является характеристикой информативности предиктора.

Область прогноза штормового ветра $V > 24 \text{ м/с}$ на 20.06.1998г. по сроку 12ч СГВ от 19.06.1998г. с заблаговременностью 24ч, ограниченная изолинией вероятности $P=65\%$; область прогноза возможного возникновения смерчей ограничена изолинией вероятности $P=75\%$



продолжение табл.4

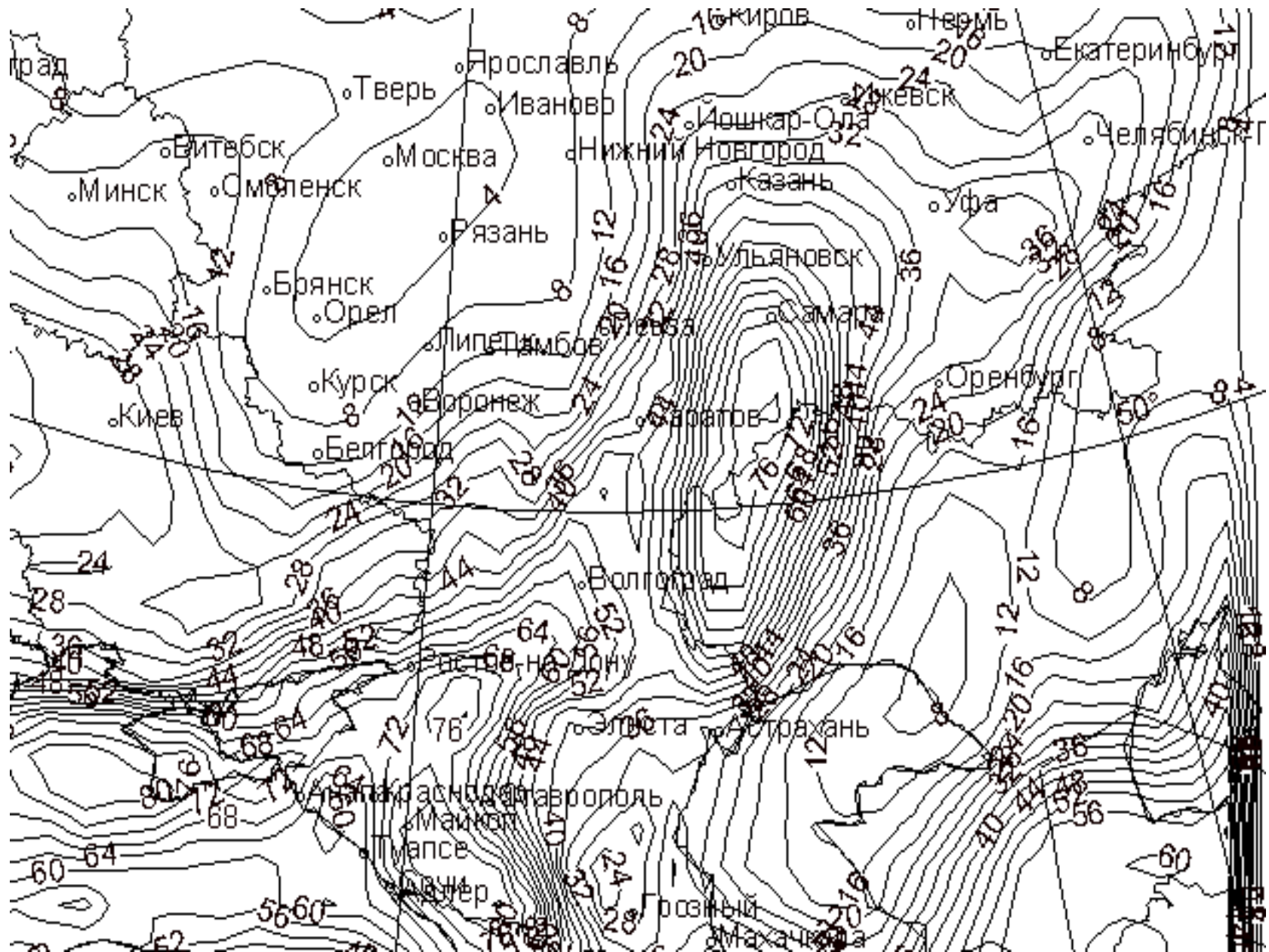
№	Дата явления	V в м/с	Области ЦФО	Прогноз на 12ч По 00ч ВСВ	Прогноз на 24ч По 12ч ВСВ
13.	25.07.10	22	Смоленск.	+	+
14.	2.07.10	22	Белгородск	-	-
15.	26.07.10	23	Московск.	+	+
16.	28.07.10	25	Орловская	+	+
17.	29.07.10	33	Московск.	+	+
18.	10.08.10	22	Московск.	-	-
19.	11.08.10	30	Костромск.	+	+
20.	25.08.10	25	Орловская	+	+
21.	28.08.10	22	Белгородс.	+	+
22.	1.09.10	22	Орловская	+	-
23.	1.09.10	22	Белгородс.	+	+
24.	2.09.10	22	Белгородс.	+	+
25.	7.09.10	34?	Московск.	-	-

Прогноз ветра со скоростью $V=22\text{м/с}$ и более на текущий и последующий день с заблаговременностью 12 и 24ч:

-на текущий день из 25 явлений не предсказано 2 случая $V=22\text{м/с}$ и один неподтвержденный случай $V=34\text{м/с}$ в МО;

-на следующий день по сроку 12ч ВСВ не предсказано 3 случая $V=22\text{м/с}$ и тот же неподтвержденный случай $V=34\text{м/с}$ в МО.

Прогноз ветра ОЯ на 24.09.2013 . В Сочи – смерч, скорость ветра-26-28м/с



Ураган «Св. Иуда» дошел до С.-Петербурга

