

**ON THE OPERATIVE HYDRODYNAMIC-STATISTICAL FORECAST
OF SUMMER STORM WINDS AND HEAVY PRECIPITATION
OVER THE NORTH WEST TERRITORY OF RUSSIA INCLUDING
TERRITORY OF KARELIA**

E.V.Perekhodtseva

***Hydrometeorological Center of Russia
(e-mail:perekhod@mecom.ru)***

- **1. INTRODUCTION**

- Development of successful method for automated statistical well-in-advance forecast (from 12 hours to two days) of dangerous summer winds, including squalls and tornadoes could allow to take proper measures against destruction of buildings and to protect people. Prediction of the phenomena involved has been a very difficult problem for synoptic till nowadays. The synoptics forecast of these phenomena using existing graphic and calculation methods [2,4], are still in dependence from subjective decision of an operator. The synoptic gives the storm warning of the dangerous phenomenon (the wind velocity of $V > 24 \text{ m/s}$) with the earliness of 3 hours only.
- There is no hydrodynamic model for the forecast of such wind velocity in Russia nowadays, hence the main tools for objective forecast development are methods using the statistic model of these phenomena recognition.

- **2. THE STATISTICAL MODEL OF THE SQUALLS AND
• TORNADOES ALTERNATIVE FORECAST**

- The meteorological situation involved the dangerous phenomena –the squalls and tornadoes with the velocity $V > 19\text{m/s}$ or $> 24\text{m/s}$ -, is submitted as the vector $\mathbf{X}(A) = (x_1(A), x_2(A), \dots, x_n(A))$, where n – the quantity of the empiric potential atmospheric parameters (predictors).
- The values of these predictors for the dates and towns, where these phenomena are observed, were accumulated in the set $\{\mathbf{X}(A)\}$ – the learned sample of the phenomena A presence.
- The learned sample of the phenomena A absence or the phenomena B presence $\{\mathbf{X}(B)\}$ was obtained for such towns, where the atmosphere was unstable and the thunderstorms and the rainfalls were frequently observed, but the wind velocity values were not so great.
- The recognition model of the sets $\{\mathbf{X}(A)\}$ and $\{\mathbf{X}(B)\}$ was constructed by using the Byes approach ([1] and [5]). We have constructed linear and quadratic decisive rules on ours samples. The linear rule (linear discriminant function $U(\mathbf{X})$) was more successful on the independent examine sample.

- **3. THE COMPRESSING OF THE PREDICTORS SPACE**
 - **WITHOUT THE INFORMATION LOSSES**

- It was necessary to decide the problem of the compressing of the predictors space without the information losses and to choose the informative vector-predictor prior the deciding of the problem concerning the recognition of the sets $\{X(A)\}$ and $\{X(B)\}$. It was made with the help of the diagonalization of the mean correlation matrix \mathbf{R} by the algorithm of the transmutation of a sample matrix \mathbf{R} columns and lines. It was made with the application the graph theory.
- For this purpose the sample matrix \mathbf{R} was corresponded to the connected graph \mathbf{G} ; 26 predictors are in correspondence to the graph vertices, and the binary coefficients r_{ij} are in the correspondence to the ribs of the graph \mathbf{G} . Given the threshold of the connection r , we have obtained the different block partition of matrix \mathbf{R} , where the binary coefficient $r_{ij} \geq r$. The optimal partition we obtained when the threshold r was equal $r=0.5$. We obtained then three blocks of deep dependent predictors and several almost independent predictors. The informative predictors - representatives from each block and two independent predictors have formed most informative vector-predictor of dimension $n=6$ [5].
-

List of the 26 potential predictors.

The values of Mahalanobis distance, entropy minimum and expectation on the presence and absence samples for the each predictor

№№	Обозначение	Расстояние Махалонобиса	Минимальная энтропия	М (А)	М (В)
1	V_{850}	0.570	0.623	11.1	7.94
2	V_{700}	1.33	0.558	14.0	8.98
3	V_{500}	0.300	0.600	17.1	12.0
4	$V_{850}+V_{700}+V_{500}$	1.14	0.561	47.5	32.8
5	ΔH	0.382	0.625	583.0	503.0
6	δh	0.053	0.655	281.0	256.0
7	$H_{\text{конд.}}$	0.003	0.662	828.0	837.0
8	$H_{.10}$	0.571	0.608	547.0	580.0
9	H_0	0.746	0.588	669.0	715.0
10	D_{700}	0.003	0.653	5.51	5.8
11	D_{500}	0.002	0.667	8.15	8.4
12	$D_{700}+D_{500}$	0.011	0.668	13.7	14.2
13	$(T'-T)_{700}$	0.072	0.648	3.54	3.01
14	$(T'-T)_{500}$	0.626	0.610	5.30	2.91
15	$\Sigma(T'-T)_i$	0.093	0.622	8.89	5.93
16	$T_{\text{конв.}}$	0.41	0.624	-50.3	-40.6
17	$(T'-T)_{\text{max}}$	0.475	0.627	6.93	4.88
18	$H_{(T'-T)_{\text{max}}}$	0.625	0.584	6.06	5.43
19	dT/dn_3	0.841	0.594	8.89	5.39
20	фронт	0.38	0.594	2.97	4.43
21	ΔP_3	0.13	0.65	3.97	0.24
22	T_3	0.847	0.572	27.8	23.8
23	Td_3	0.978	0.58	15.4	11.6
24	dT/dn_{850}	0.464	0.624	4.69	2.94
25	ΔH_{850}	0.001	0.661	1.18	0.850
26	ΔT_{850}	0.005	0.656	-4.6	-0.73

The graf G of the predictors for the squalls forecast corresponding to the mean correlation matrix R . The breaking of

the graf G to the several connected subgrafs G_i .

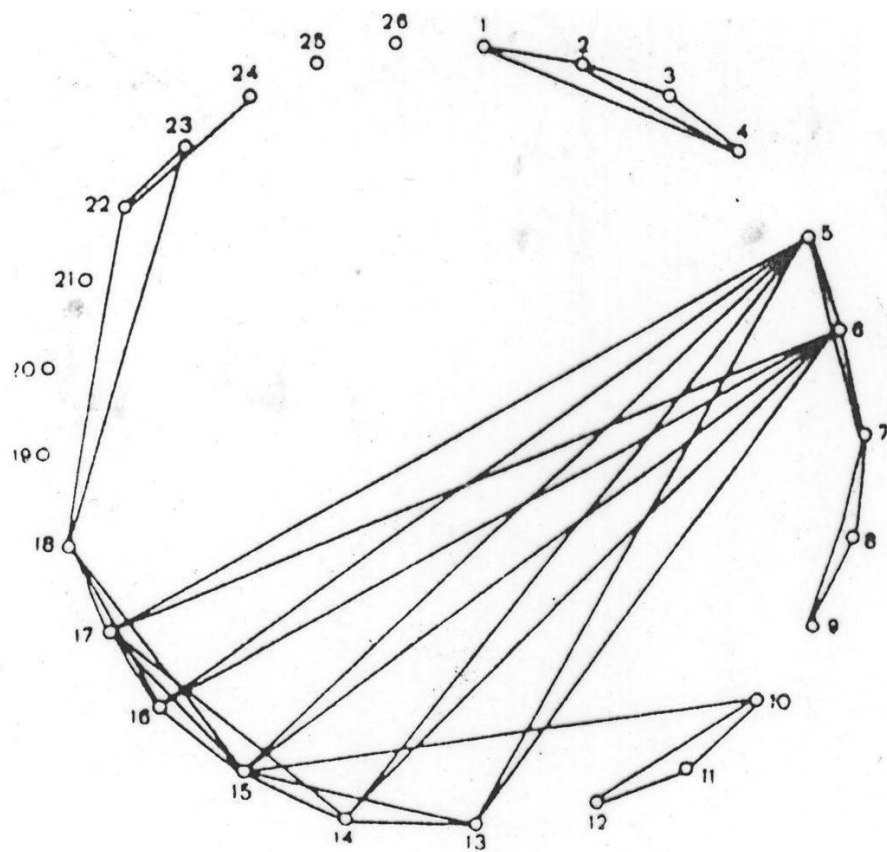


fig. 1

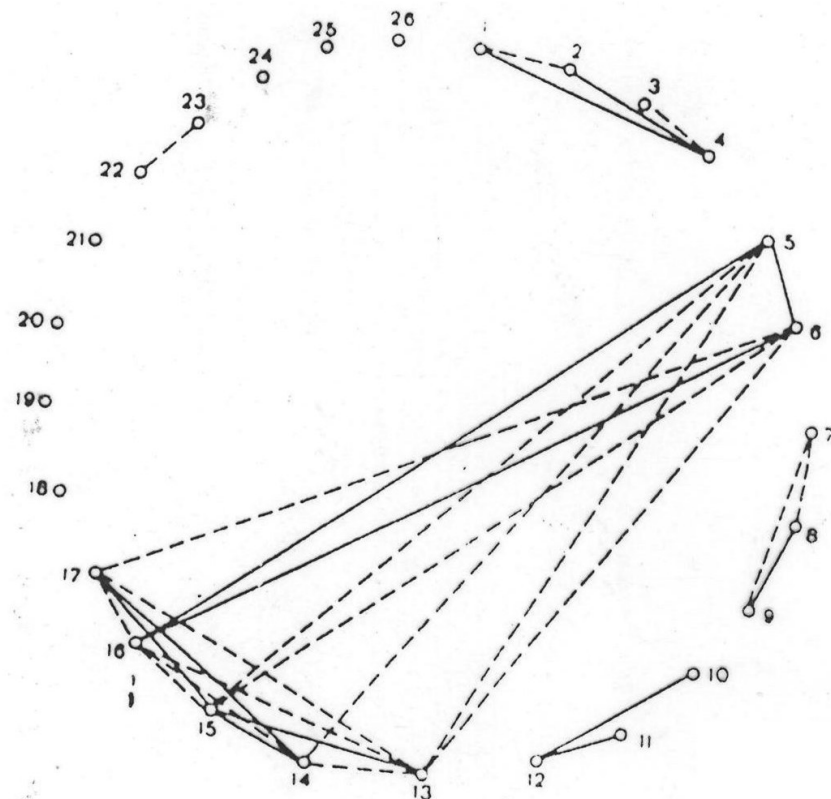


fig. 2

- **4. THE CRITERION OF MAHALANOBIS DISTANCE**
- **AND THE CRITERION OF ENTROPY MINIMUM**

- The most informative predictors in each of the blocks was taken as a representatives from this block. For this purpose we have estimated the informativition of each predictors by using the criterion by Mahalanobis distance Δ^2

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

- where $m_i(A)$ and $m_i(B)$ are the components of $\mathbf{M}(A)$ and $\mathbf{M}(B)$ - of the vectors of empiric expectation of the presence and absence of A respectively, σ^2 – the mean variance.
- Also the criterion of entropy minimum by Vapnik-Chervonenkis H_{\min} was used for the assessment of the informativition of predictors [3].
- The criterion Δ^2 is applied for normal distribution as a rule. The temperature, the pressure, the geopotential, the mean velocity of wind at the different level are distributed close to the normal one, so we have decided to use this criterion as a simple enough method.
- The criterion H_{\min} of Vapnik-Chervonenkis is nonparametric method, we have got the program for the calculation the values H_{\min} for each of the predictors.

- As a result, the groups of the most informative predictors calculating by Δ^2 and by H_{\min} are almost coincided, and the informative vector-predictor has been composed from six slow dependent atmospheric parameters after this selection:
- $(V_{700}, H_0, (T' - T)_{500}, dT/dn_{ea}, T_{ea}, T_{dea})$, where
- $-V_{700}$ – the value of the mean wind velocity on the level 700 hPa, m/s;
- $-H_0$ – the level of the isotherm of 0°C , hPa;
- $-(T' - T)_{500}$ – the difference between the values of the moist adiabat and the stratification curve on the level 500 hPa, $^\circ\text{C}$
- $-dT/dn_{ea}$ – the maximal difference between temperatures over the front on the earth level in the radius of 250 km from the forecast point.
- $-T_{ea}$ – the maximal temperature on the earth level, $^\circ\text{C}$;
- $-T_{dea}$ – the maximal temperature of the dew point on the earth level, $^\circ\text{C}$.
- The discriminant function $U(X)$ for the forecast of the squalls was calculated in the dependence from these six parameters.

Объективный физико-статистический метод прогноза шквалов со скоростью не менее 20м/с

На основе статистической модели альтернативного прогноза и полученной дискриминантной функции

$$U(\mathbf{X}) = \sum a_i x_i + c, \quad i=1, 6, \quad (1)$$

был создан первый объективный физико-статистический метод прогноза шквалов, смерчей и ветра скоростью более 19м/с по следующему статистическому решающему правилу при неустойчивой стратификации (при устойчивой стратификации сразу дается отсутствие ветра со скоростью $V > 19\text{м/с}$ в пункте и рядом ($R=150\text{км}$)):

если $U(\mathbf{X}) > 0$, то дается прогноз явления А в пункте и рядом ($R=150\text{км}$);

если $U(\mathbf{X}) \leq 0$, то дается прогноз явления В в пункте или рядом ($R=150\text{км}$).

При этом значения x_i являлись прогностическими (с заблаговременностью 12-18ч) значениями выбранных шести предикторов, вычисленными синоптиками с помощью метода траекторий из первой модели ГМЦ.

Результаты независимых испытаний первого объективного физико-статистического метода прогноза шквалов, смерчей и максимального ветра со скоростью $V > 19\text{м/с}$, проведенных в 1985-1986гг региональными УГМС, оказались в СЗУГМС самыми успешными (в СЗУГМС критерий Пирси - Обухова составил $T = 0,77$, в УГМС Украины - 0,62, в ВВУГМС – 0,46, в УГМС ЦЧО - 0,37 [5.6].

Подробно применение метода с примерами изложено в Методических Указаниях [3].

По результатам независимых испытаний, проведенных в летний период 1986-1987гг в трех УГМС и на Украине, и сравнения с методом прогноза шквалов Решетова и Проха (Украина) метод был рекомендован к использованию в оперативной практике по решению ЦМКП от 21 октября 1987 года.

Значение прогностической функции $U(X)$, рассчитанное по данным о метеорологических ситуациях, в которых наблюдались смерчи в 1984-1986гг, оказалось существенно больше нуля (табл.1). По статистическому решающему правилу прогноза в этом случае прогнозируются очень сильные шквалы и смерчи (при $U(X) > 3$ вероятно возникновение смерчей). Синоптики во всех этих случаях давали в прогнозе грозы и усиление ветра до 15м/с.

○

The tornadoes forecast to the day (the calculation time is 00h) in 1984 and 1986 years

the point	the date	V_{700} m/s	H_0 hPa	$(T'-T)_{500}$ ° C	dT/dn ° C	T_{\max} ° C	Td_{\max} ° C	$U(\mathbf{X})$
Ivanovo	09.06.1984	13	630	9	5	24	15,0	3,6
Penza	21.08.1986	20	630	6	4	31	16,0	7,9
Ryazan'	26.08.1986	22	660	7	3	30	15,0	7,3
Moscow	31.08.1986	18	615	2	3	31	13,5	7,9

The tornado was also observed in the town Krasnovodsk in the late evening of 3.06.2009. Discriminant function $U(\mathbf{X})$ was calculated in the accordance the Methodic [4]. This methodic was recommended to the operative practice after independent tests. The value of the prognostic discriminant function $U(\mathbf{X})$ was equal $U(\mathbf{X})=4,13>3$ ($T_{ea}=23^\circ$, $Td=16^\circ$, $(T'-T)_{500}=6^\circ$, $V_{700}=17\text{M/c}$, $dT/dn=7^\circ$, $H_0=650\text{hPa}$). The synoptic forecast has given only the thunderstorm with the maximal wind velocity 12-17m/s. We have used the prognostic data from the meteorological station Dolgoprudnyi, where the wind velocity $V=20\text{m/s}$ was fixed.

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

Для разработки оперативного автоматизированного прогноза двух классов этих явлений (со скоростью ветра более 19м/с и со скоростью ветра более 24м/с) была создана модель гидродинамико-статистического прогноза. При этом на независимость и информативность исследовались уже 38 потенциальных предикторов, которые прогнозировались оперативной полусферной гидродинамической моделью атмосферы (автор- Беркович Л.В.). На новых архивах обучающих выборок явлений двух классов и их отсутствия – на данных объективного анализа - были выбраны тем же эмпирико-статистическим методом [5] новые вектора-предсказатели и рассчитаны новые дискриминантные функции

$F_1(\mathbf{X})$ и $F_2(\mathbf{X})$, соответственно для прогноза явлений первого и второго классов, зависящие от значений прогностических полей полусферной 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 статистические решающие правила диагноза и прогноза этих явлений, зависящие от значений давления, приземной температуры и точки росы у Земли, скорости ветра и разности горизонтальной составляющей ветра в средней тропосфере, гидродинамической неустойчивости (индекса Вайтинга), горизонтального градиента температуры у земли и на уровне 850гПа

и значения температуры на уровне 300гПа.

С целью автоматизации прогноза различной заблаговременности в статистической модели могут использоваться выходные прогностические значения полей различных гидродинамических моделей краткосрочного прогноза погоды Гидрометцентра России. Автоматизированные прогнозы явлений сильных ветров со скоростью более 19м/с и более 24м/с с заблаговременностью 12-24ч, полученные с использованием прогностических полей полусферной модели (автор – Беркович Л.В.) были рекомендованы для оперативного использования по результатам независимых испытаний [3]. В течение десяти лет они оперативно два раза в сутки посылались в регионы Европейской территории России.

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

№	Об.	Параметры атмосферы	№	Об.	Параметры атмосферы
1	P	Давление на уровне моря	2 0	V_{925}	Верт. компонента скор. ветра на уровне 925 гПа
2	H_{1000}	Геопотенциал на уровне 1000 гПа	2 1	U_{850}	Горизонт. компонента скор. ветра на уровне 850 гПа
3	H_{850}	Геопотенциал на уровне 850 гПа	2 2	V_{850}	Вертикал. компонента скор. ветра на уровне 850 гПа
4	H_{700}	Геопотенциал на уровне 700 гПа	2 3	U_{700}	Горизонтальная компонента скор. ветра на уровне 700 гПа
5	H_{500}	Геопотенциал на уровне 500 гПа	2 4	V_{700}	Вертикальная компонента скор. ветра на уровне 700 гПа
6	H_{300}	Геопотенциал на уровне 300 гПа	2 5	U_{500}	Горизонтальная. компонента скор. ветра на уровне 500 гПа
7	T_3	Температура у поверхности земли	2 6	V_{500}	Вертикальная компонента скор.ветра на уровне 500 гПа
8	T_{925}	Температура на уровне 925 гПа	2 7	U_{300}	Горизонтальная компонента скор. ветра на уровне 300гПа
9	T_{850}	Температура на уровне 850 гПа	2 8	V_{300}	Вертикальная компонента скор. ветра на уровне 300гПа
1	T_{700}	Температура на уровне 700	2	W	Значение упорядоченных

Продолжение

1 1	T_{500}	Температура на уровне 500 гПа	3 0	I_w	Значение индекса неустойчивости Вайтинга
1 2	T_{300}	Температура на уровне 300 гПа	3 1	U_{85}^{0-} U_{92}^5	Разность гор. компонент на уровнях 850 и 925 гПа
1 3	Td_3	Температура точки росы у земли	3 2	V_{850} - V_{925}	Разность верт. компонент на уровнях 850 и 925 гПа
1 4	D_{92}^5	Дефицит точки росы на уровне 925 гПа	3 3	U_{50}^{0-} U_{70}^0	Разность гор. компонент на уровнях 500 и 700 гПа
1 5	D_{85}^0	Дефицит точки росы на уровне 850 гПа	3 4	V_{500} - V_{700}	Разность верт. компонент на уровнях 500 и 700 гПа
1 6	D_{70}^0	Дефицит точки росы на уровне 700 гПа	3 5	T_3	Модуль гор. градиента температуры у земли
1 7	D_{50}^0	Дефицит точки росы на уровне 500 гПа	3 6	T_{925}	Модуль гор. градиента темп. на уровне 925гПа
1 8	D_{30}^0	Дефицит точки росы на уровне 300 гПа	3 7	T_{850}	Модуль гор. градиента темп. на уровне 850гПа
1 9	U_{92}^5	Горизонтальная компонента скорости ветра на уровне 925 гПа	3 8	ΔP_3	Лапласиан давления у земли

Показатели успешности гидродинамико-статистического прогноза скорости ветра не менее 20 м/с

✘ Не удается отобразить рисунок. Возможно, рисунок поврежден или недостаточно памяти для его загрузки. Перезагрузите компьютер, а затем снова откройте файл. Если вместо рисунка все еще отображается красный крестик, попробуйте удалить рисунок и вставить его заново.

по регионам европейской территории России

УГМС	Автор метода	Заблаг ч.	N	F %	I _я %	I _{бя} %	П _я %	П _{бя} %	T
Северо-Западное	Переход инерц.	12	1110	92	25	99	76	92	0,69
			1110	98	56	99	39	99	0,32
	Переход инерц.	24	1007	89	21	99	80	89	0,69
			1009	98	30	99	25	99	0,21
УГМС ЦЧО	Переход	12	160	91	24	99	80	92	0,72
	Переход	24	158	91	22	99	80	91	0,71
Верхне-Волжское	Переход	12	955	90	22	98	55	91	0,46
	Переход	24	995	90	14	98	48	91	0,39
Северо-Кавказск. равнины	Переход	12	405	78	24	96	78	77	0,55
	Переход	24	400	78	21	97	79	77	0,56

N – количество испытываемых случаев прогноза; **F** – общая оправдываемость прогноза;

I_я – оправдываемость прогноза явления

I_{бя} – оправдываемость прогноза без явления; **П_я** – предупреденность прогноза сл. с явл.;

П_{бя} – предупреденность прогноза случаев без явления;

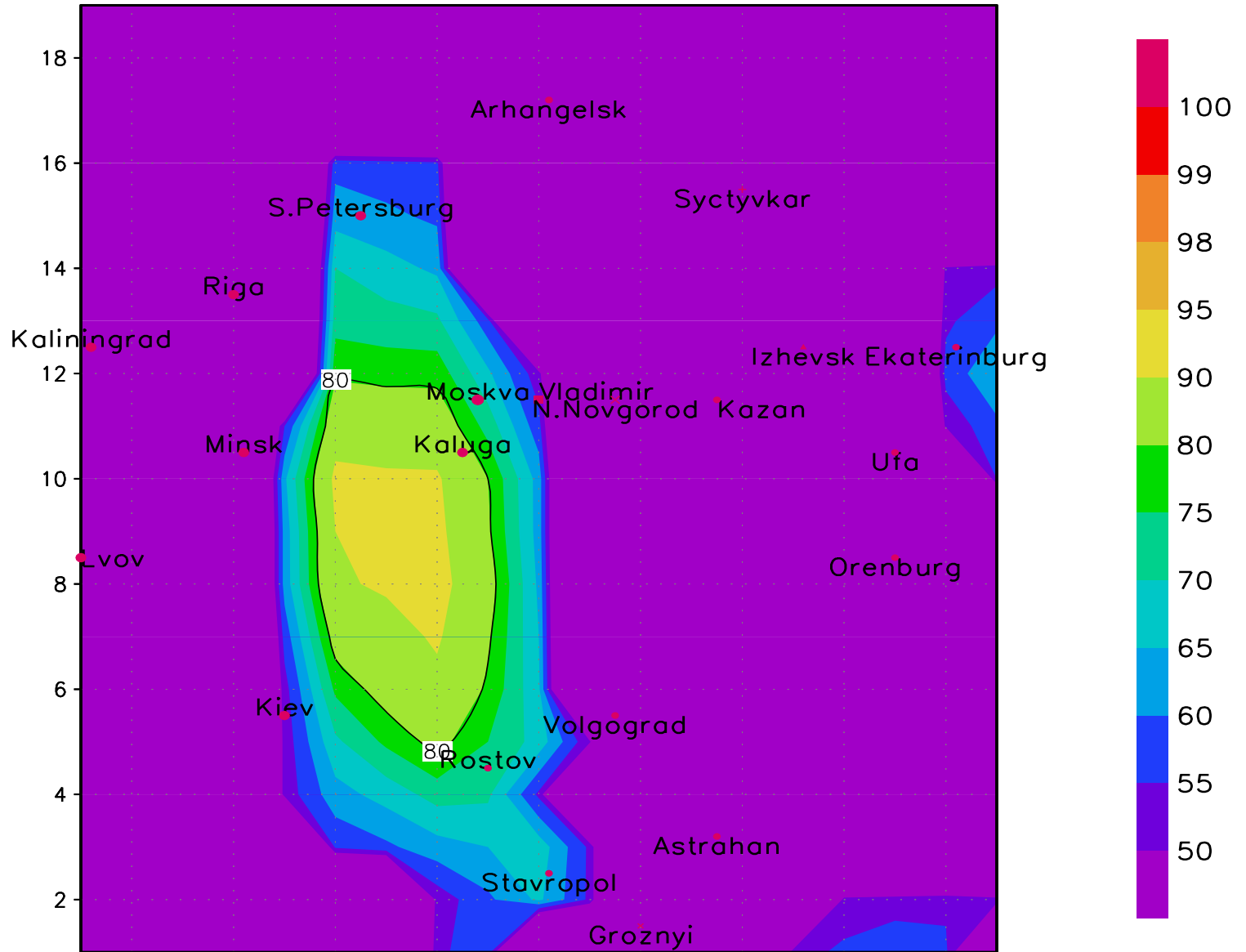
Независимые испытания прогноза ветра скоростью $V > 24$ м/с с заблаговременностью 12 и 24 ч проводились в четырех УГМС ЕТР и в Гидрометцентре России в течение 1999-2000гг. По результатам испытаний (критерий Пирси-Обухова составил $T = 0,58 - 0,72$ при оправдываемости явления $I_{я} = 0,22 - 0,38$ и общей оправдываемости $I = 0,85 - 0,87$) решениями технических советов этих УГМС и Ученого Совета ГМЦ от 20.03.2001г. данный метод прогноза был рекомендован к использованию в синоптической практике [5-10]. В течение 2003-2005гг проводились испытания прогноза ветра скоростью свыше 24м/с заблаговременностью 36ч на Европейской территории России в ВВУГМС, в СЗУГМС, в УГМС Татарстана. Результаты независимых испытаний представлены в следующей таблице [7,9,10,11

**Успешность прогноза шквалов и ветра $V > 24$ м/с заблаговременностью
36ч по модели гидродинамико-статистического прогноза на базе
полусферной гидродинамической модели**

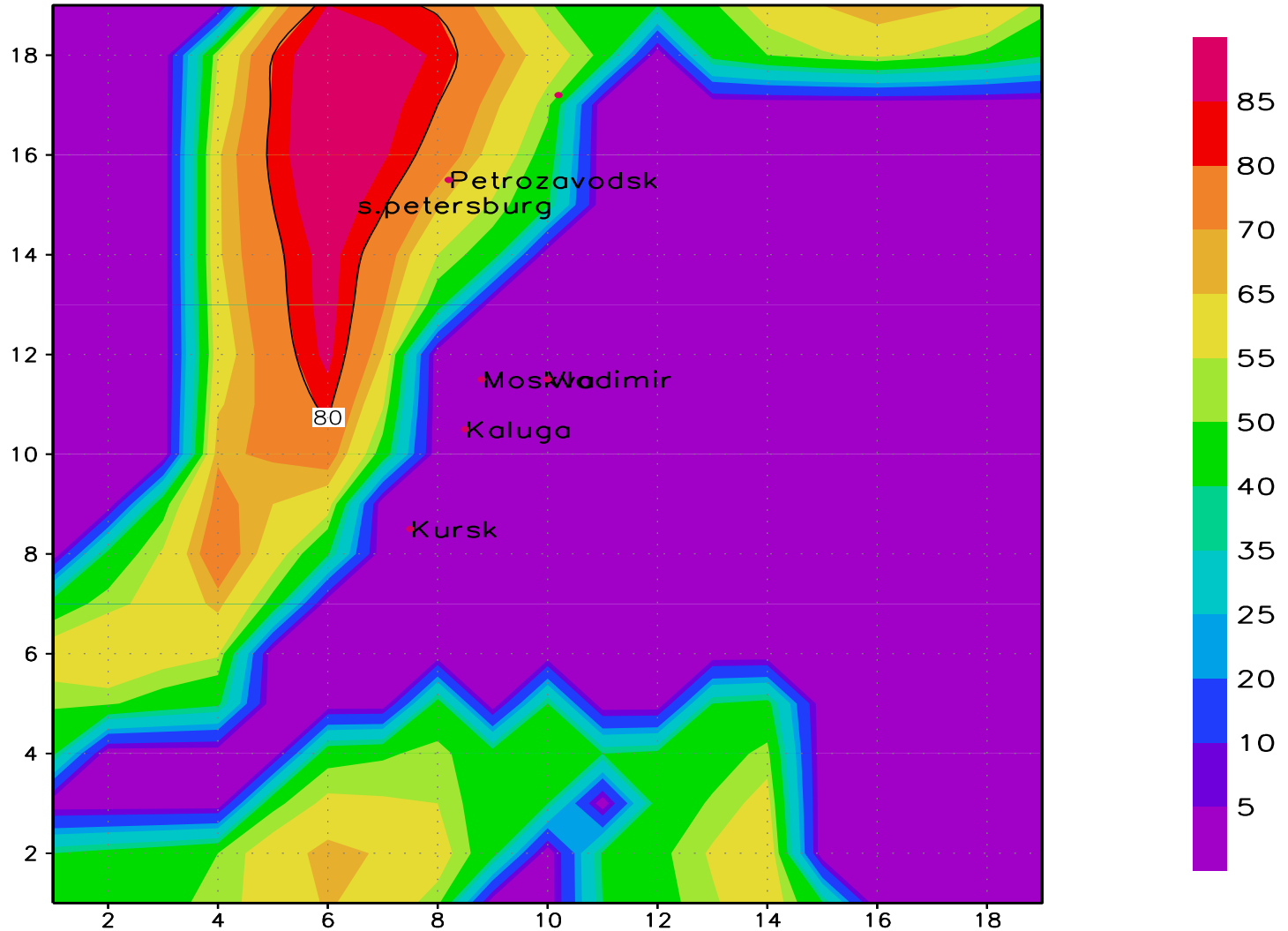
Название упр-ния (УГМС)	Количество фактических случаев		Предупрежд енность явлений и их отсутствия в %.	Общая оправд. прогноза в %	Критерий Пирси- Обухова Т
	наличие явления	Отсутст. явления			
Верхне- Волжское УГМС	n ₀₁ 16	n ₀₂ 1819	68,8; 91,3	F=91,2	T=0,66
Северо- Западное УГМС	n ₀₁ 15	n ₀₂ 852	93,3; 97,3	F=97,2	T=0,91
Татарстана УГМС	n ₀₁ 8	n ₀₂ 393	87,5; 87	F=87,5	T=0,75

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 $P=75\%$

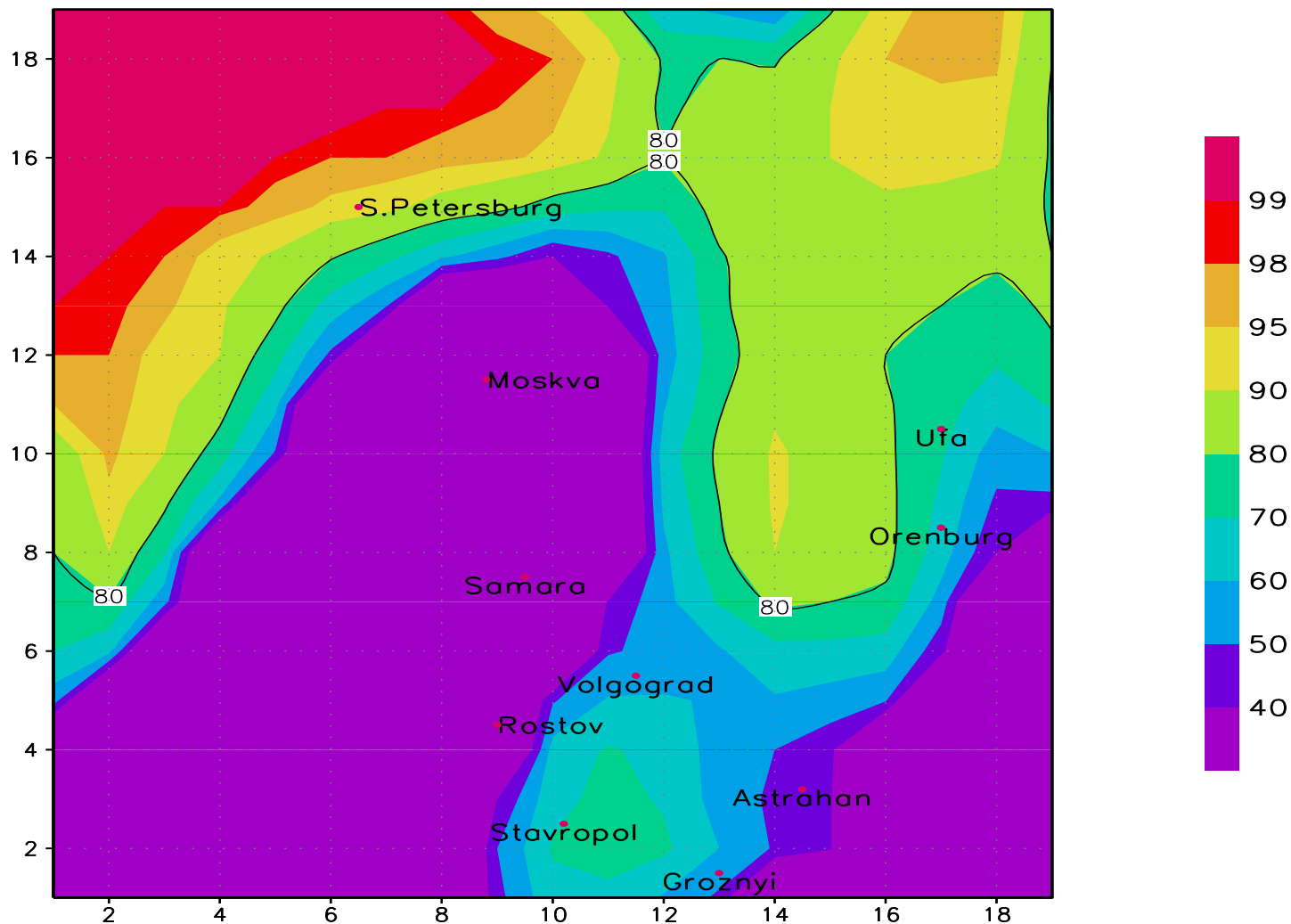
ограничена изолинией вероятности $P=75\%$



Прогноз опасного ветра $V > 24 \text{ м/с}$ на ночь 05.07.02. рассчитанный 04.07.07 с заблаговременностью 24ч по сроку 00 часов СГВ



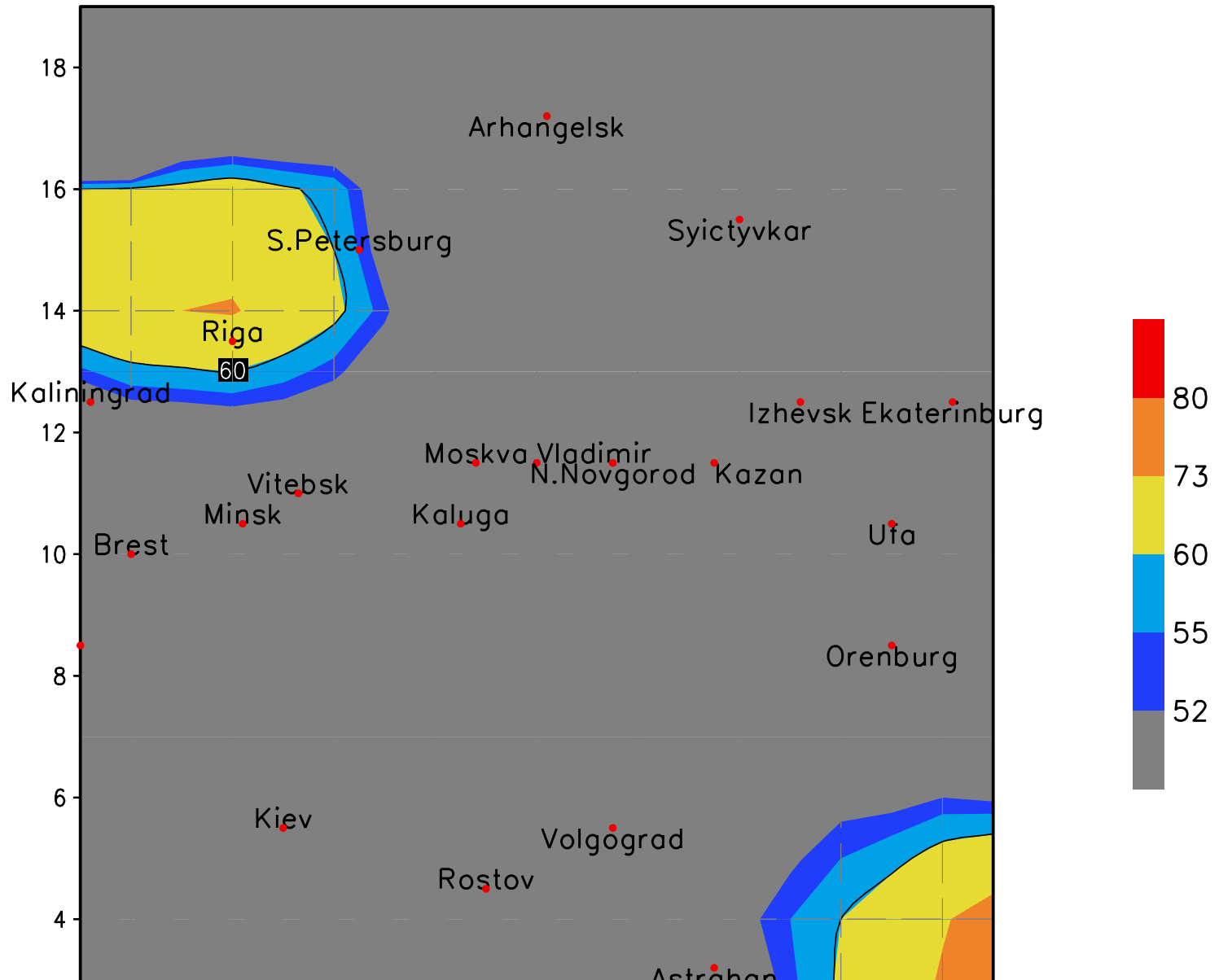
Прогноз сильного ветра $V > 24 \text{ м/с}$ на 05.07.02 на текущий день, рассчитанный по сроку 00ч СГВ (В С.-П. был отмечен смерч)



Вероятности прогноза ветра V>24м/с на 25.06.05 с заблаговременностью 36 ч (в узлах сетки 150x150 км)

1XWEROYATNOSTI OBRAZOVANIA SYLNIH PORIVOV VETRA NA SLEDUYUCII DEN6 NA 36 CASOV																			
	50624																		
	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
	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
+	4	0	0	40	42	41	42	0 ^R	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
+	5	60	61	62	64	61	58	47 ^S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
+	6	64	66	68	69	65 ^T	60	49	0	0	0	0	0	0 ^S	0	0	0	0	0
	7	68	71	73	74	68	62 ^{SP*}	53	43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	8	54	58	59	60 ^R	57	53	48	43	0	0	0	0	0	0	0	0	0 ^P	0
	9	40	45 ^K	45	46	46	46	46	45 ^T	0	0 ^Y	0	0	0	0	0	0	0	0
+	4		G	V		V		M	V		N	4	K						
+	10	0	0	0	0	40	40	41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0 ^T	40 ^R	0	0	0	0	0	0	0	0 ^{UFA}
+	12	0	0	0	0	0 ^G	0	0	0	0	40	40	0	0	0 ^S	0	0	0	0
+	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40	41	41	0	0	0	0	0	0 ^O
+	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0 ^A
	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	42	49	49	50	50	52
+	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	41	49	51	55	58	63
	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	41	50	55	60	66	72
	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	47	54	61	67	74	79
+	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	45	54	62	69	75	80

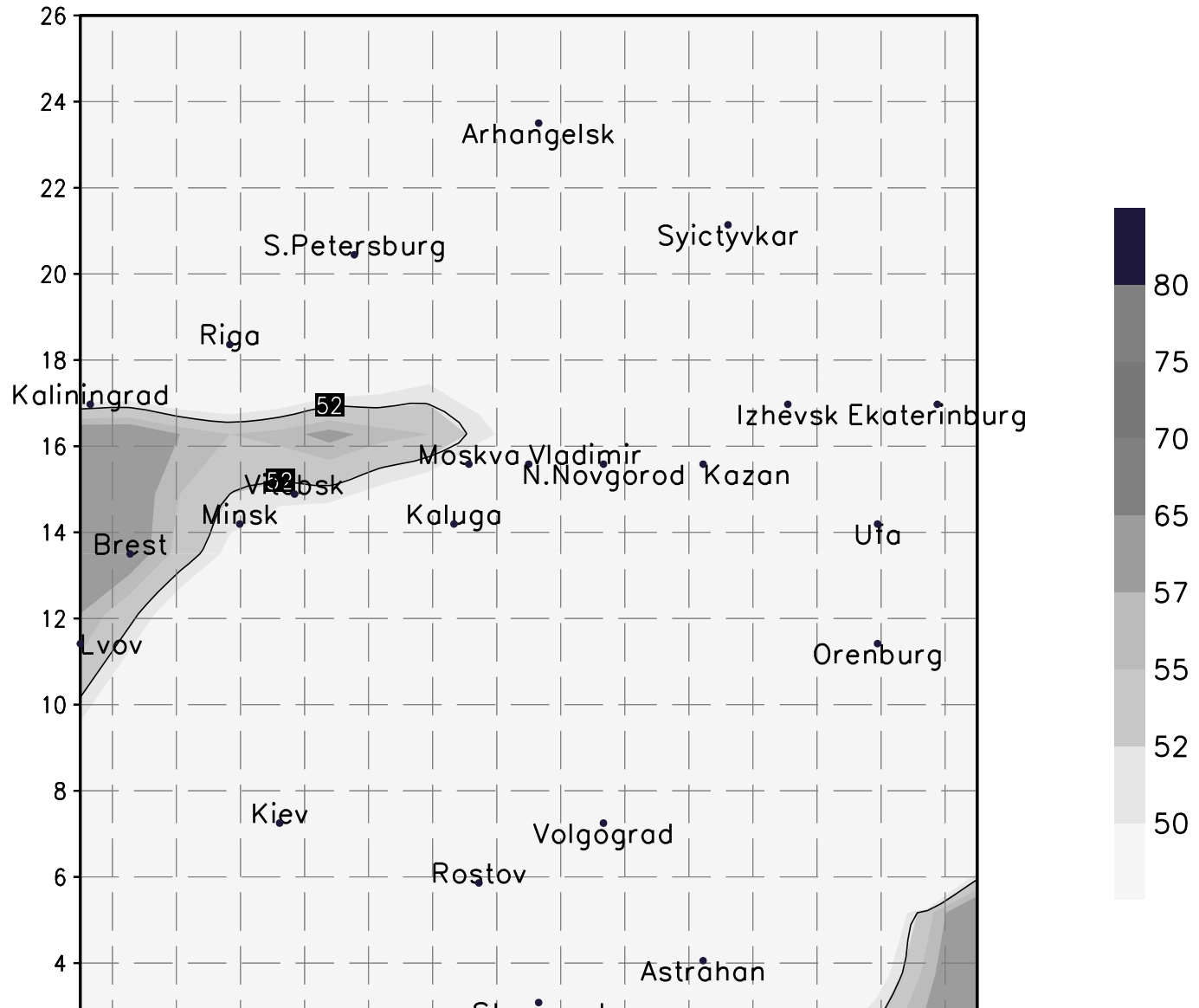
Область прогноза ветра $V > 24$ м/с на 25.06.05 с заблаговременностью 12ч (в Санкт-Петербурге и странах Балтии были отмечены очень сильные ветры)



■ Вероятности прогноза ветра V>24м/с в узлах сетки 150x150 км, рассчитанные на 26.06.05 с заблаговременностью 36 ч (в Тверской области, где в Дубне отмечен смерч, P>P_{пор}=52%)

1XWEROYATNOSTI OBRAZOVANIA SYLNIH PORIVOV VETRA NA SLEDUYUCII DEN6 NA 36 CASOV																				
	50625																			
	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	
+	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
+	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
+	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	7	0	0	0	0	0	0	44	44	44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	8	41	42	40	40	42	45	47	49	48	46	0	0	0	0	0	0	0	0	
+	9	60	60	57	55	56	58	56	55	51	48	0	0	0	0	0	0	0	0	
+	10	61	59	55	52	51	51	49	47	44	41	0	0	0	0	0	0	0	0	
+	11	62	59	54	49	46	44	42	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
+	12	57	53	47	41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
+	13	54	48	41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
+	14	49	43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	15	45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
+	16	43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	44	
	17	42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	44	54	62	

Область прогноза опасного ветра на 26.06.05 с заблаговременностью 36ч.



Модель гидродинамико-статистического прогноза сильных летних полусуточных осадков двух классов

В разработке модели гидродинамико-статистического диагноза и прогноза сильных осадков двух классов (количеством $Q > 14 \text{ мм/12ч}$ и $Q > 49 \text{ мм/12ч}$) использовались архивы обучающих выборок явлений этих двух классов и их отсутствия. В качестве предикторов использовались данные объективного анализа. При этом на независимость и информативность исследовались те же 38 потенциальных предикторов, гидродинамические прогнозы которых давались полусферной моделью атмосферы. Тем же эмпирико-статистическим методом [] были выбраны вектора-предсказатели и рассчитаны дискриминантные функции $F_3(\mathbf{X})$ и $F_4(\mathbf{X})$, соответственно, для прогноза явлений сильных осадков первого класса ($Q > 14 \text{ мм/12ч}$) и второго класса ($Q > 49 \text{ мм/12ч}$) [1, 5]. По значениям функции $F_3(\mathbf{X})$ и $F_4(\mathbf{X})$ в узлах модельной сетки $150 \times 150 \text{ км}$ для территории ЕТР рассчитывались также вероятности возникновения явлений каждого из двух классов по формулам:

$$P_3(\mathbf{X}) = 1 / (1 + \text{EXP}(-F_3(\mathbf{X}))) \quad (1); \quad P_4(\mathbf{X}) = 1 / (1 + \text{EXP}(-F_4(\mathbf{X})))$$

$F_3(\mathbf{X})$ и $F_4(\mathbf{X})$ рассчитывались в зависимости от прогностических значений давления, приземной температуры и точки росы, гидродинамической неустойчивости, дефицита влажности на уровне 700 гПа , горизонтального градиента температуры у земли, лапласиана давления у Земли. По значениям $P_3(\mathbf{X}) > P_{3\text{пор.}} = 98\%$ и $P_4(\mathbf{X}) > P_{4\text{пор.}} = 60\%$ выделялись области прогноза явлений первого и второго классов [7 17]

Показатели успешности прогноза осадков количеством $Q > 14\text{мм}/12\text{ч}$ на текущий день по регионам европейской территории России

УГМС	Автор метода	Заблаг. ч.	N	F %	$I_{я}$ %	$I_{бя}$ %	$P_{я}$ %	$P_{бя}$ %	T
Северо-Западное	Переходцева инерция	12	1110	83	33	98	87	82	0,69
		12	1100	90	21	96	21	95	0,02
ЦЧО	Переходцева.	12	158	78	30	86	90	65	0,55
Верхне-Волжское	Переходцева	12	950	70	30	95	68	79	0,47
Северо-Кавказск.	Переходцева	12	405	72	65	96	87	58	0,45

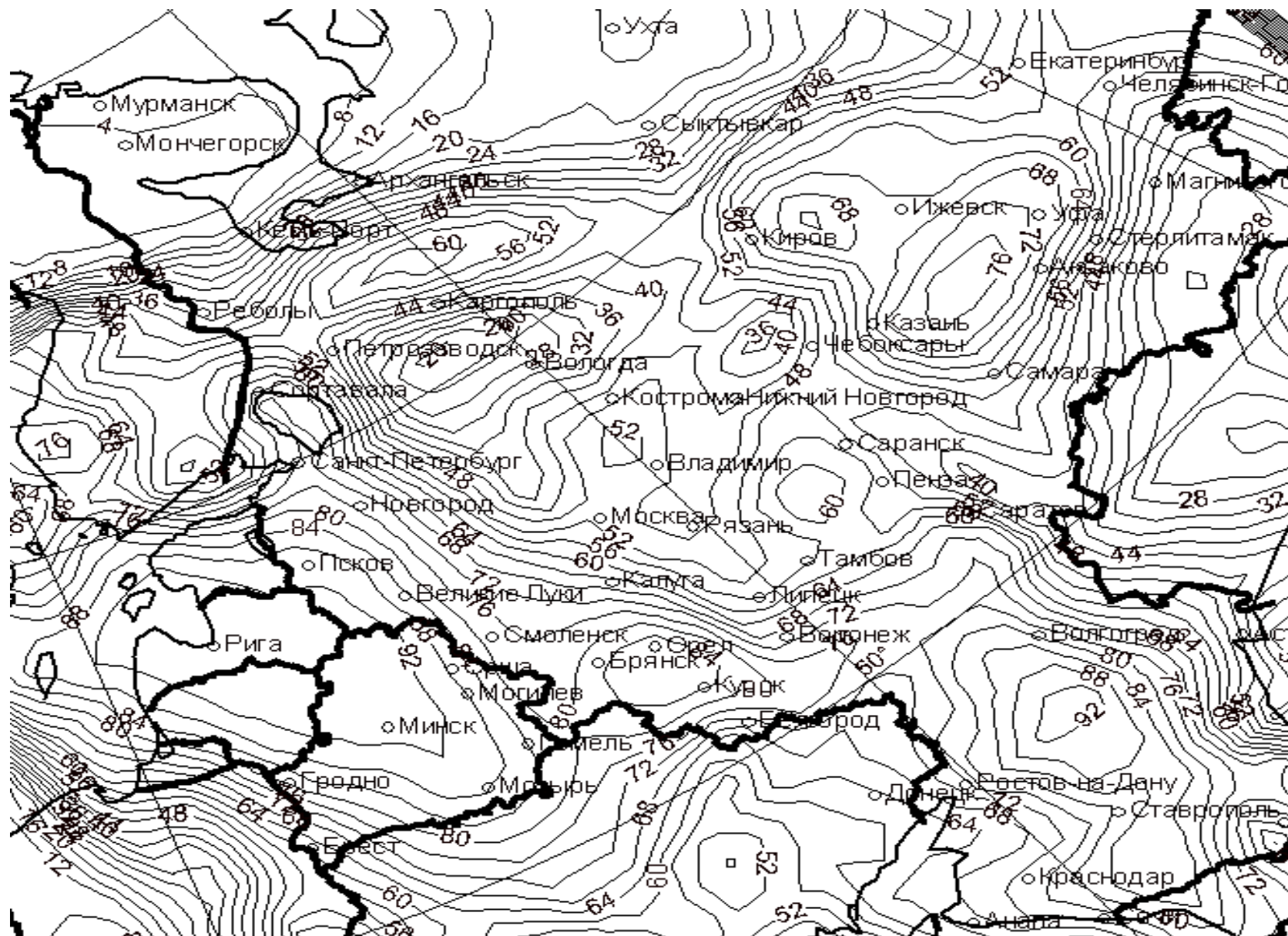
Примечание: N – количество испытываемых случаев прогноза; F – общая оправдываемость прогноза; $I_{я}$ – оправдываемость прогноза явления; $I_{бя}$ – оправдываемость прогноза без явления; $P_{я}$ – предупреденность прогноза случаев с явлением; $P_{бя}$ – предупреденность прогноза случаев без явления; T = 1-a-b - значение критерия Пирси-Обухова, а-ошибка 1-го рода, b-ошибка 2-го.

Модель гидродинамико-статистического прогноза сильных шквалов и смерчей заблаговременностью 36-48ч на основе данных региональной модели ГМЦ РФ

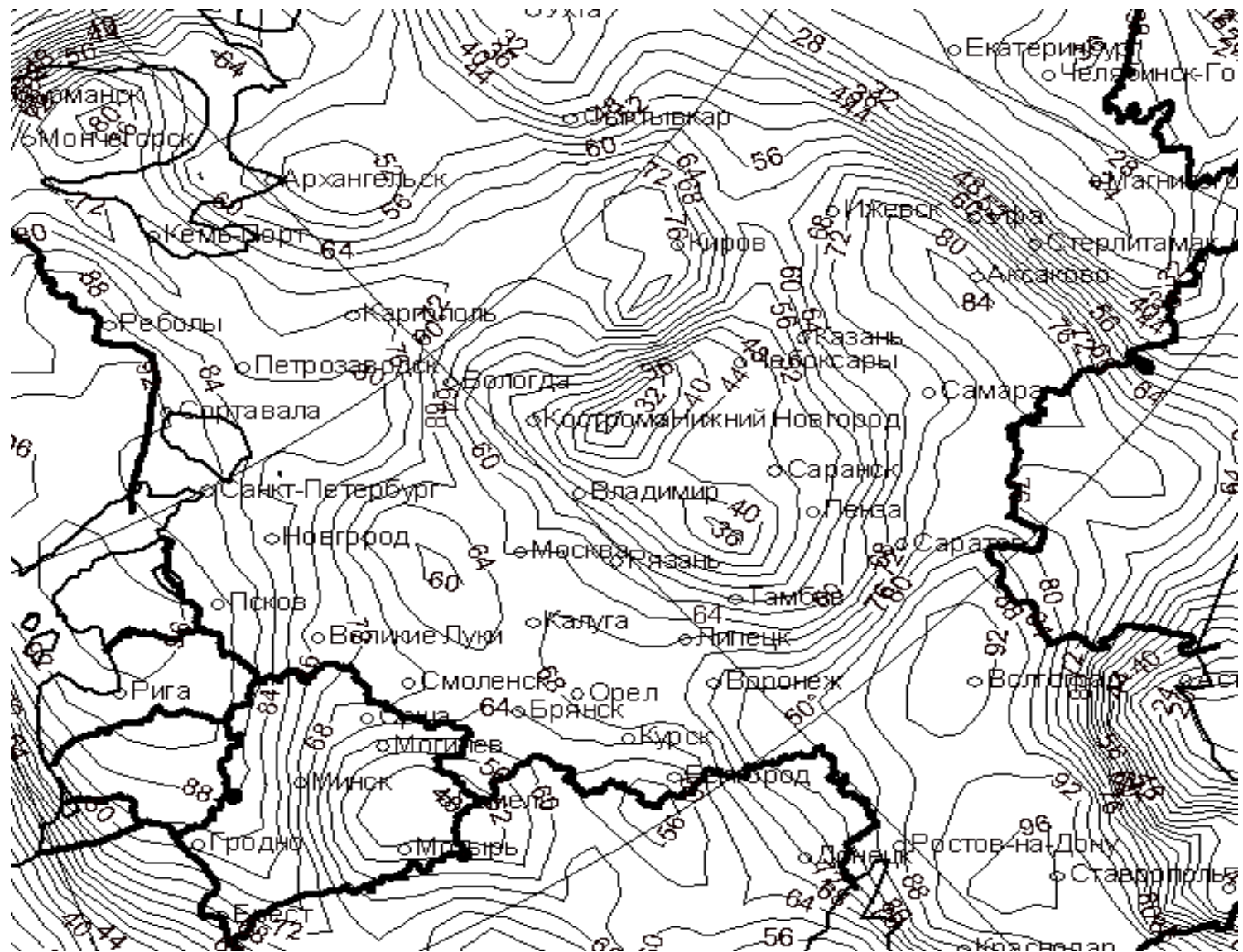
В связи с успешным развитием региональной модели краткосрочного прогноза погоды в сигма-системе координат с горизонтальным разрешением 75x75 км (автор – Лосев В.М.) в 2007-2008гг проводились экспериментальные расчеты прогноза штормовых ветров по гидродинамико-статистической модели прогноза с использованием выходных прогностических полей (заблаговременностью 12-24-36-48ч) региональной модели [12].

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 75x75км. В 2009-2012гг с помощью этой модели прогноза были получены успешные прогнозы смерчей и сильных шквалов с заблаговременностью 12-24-36-48ч []. Прогнозы оперативно два раза в сутки рассчитываются в системе АСООИ Гидрометцентра России и выкладываются на FTP-сервер.

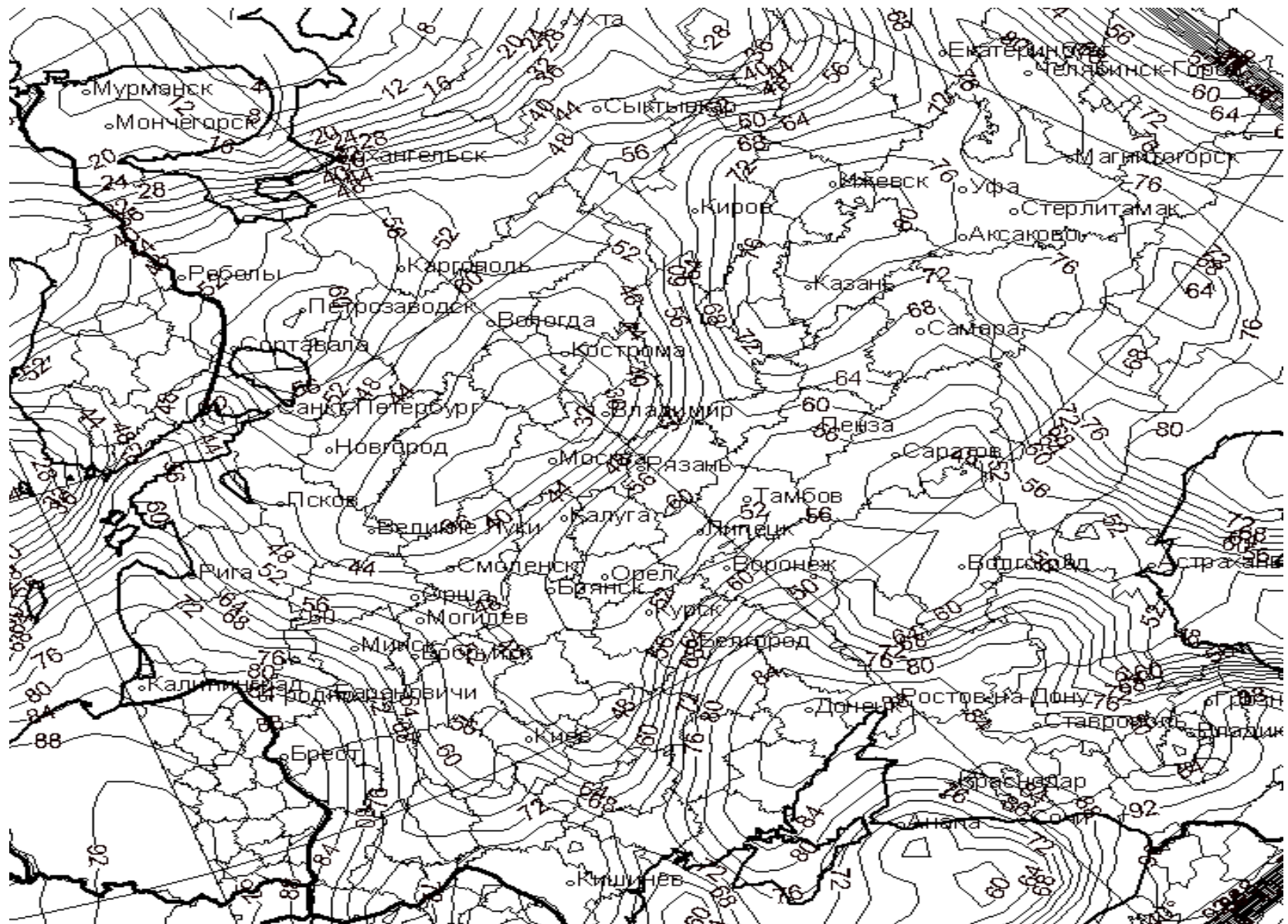
Прогноз ветра с заблаговременностью 12 ч. на день 25.07.2010



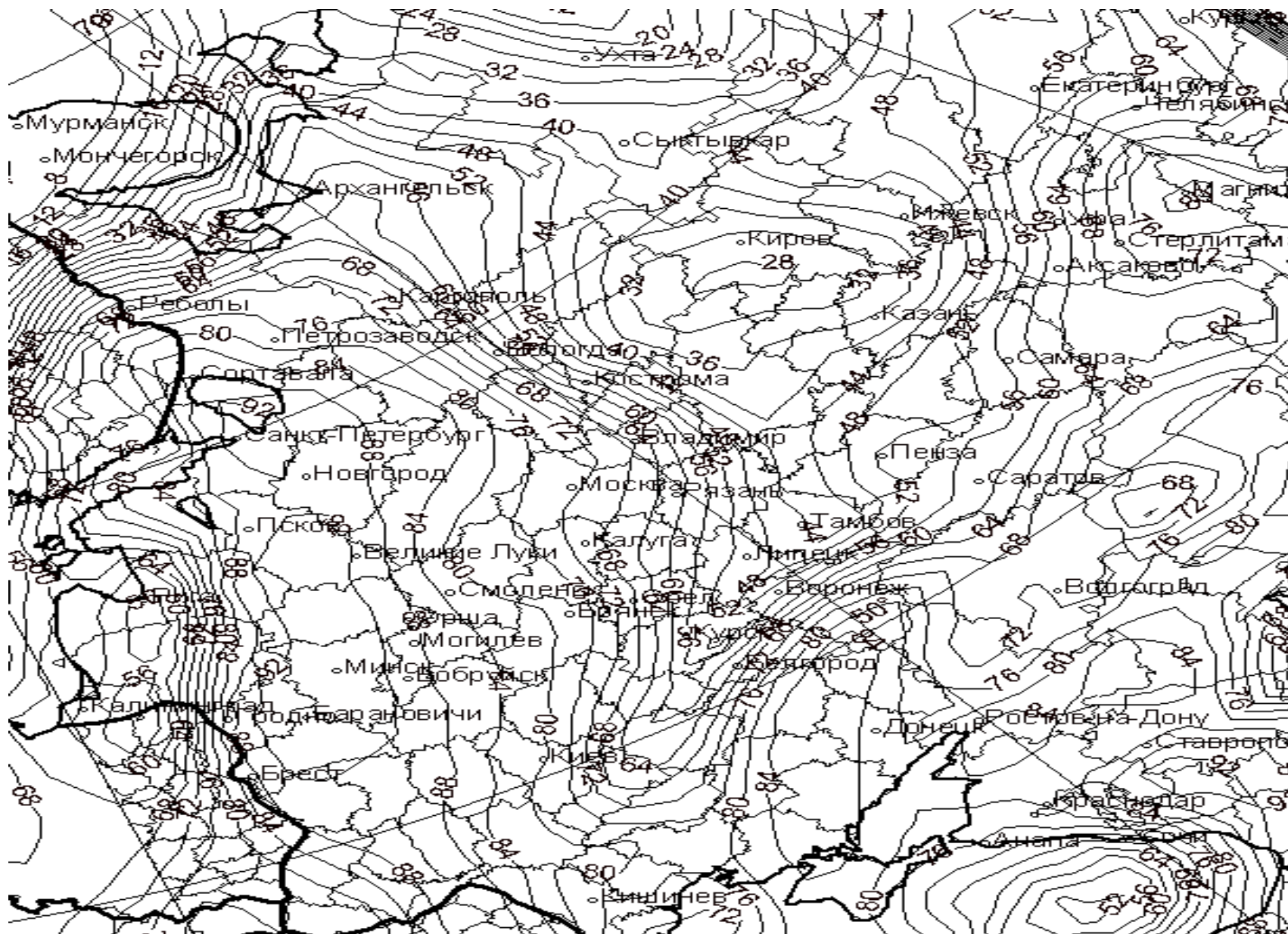
Прогноз ветра ОЯ на 04.08.2010 на текущий день



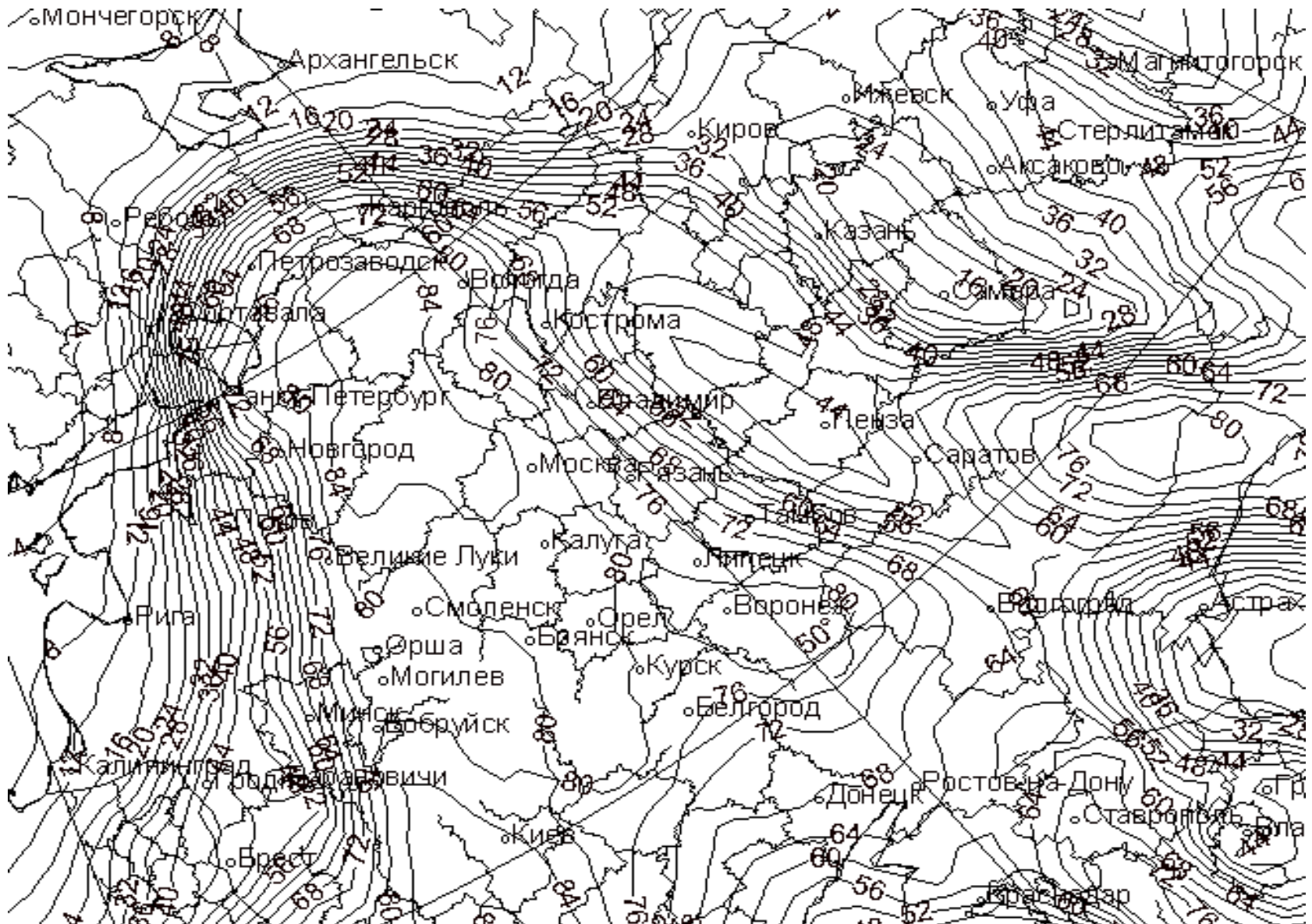
Прогноз ветра ОЯ на 06.08.2012 на текущий день



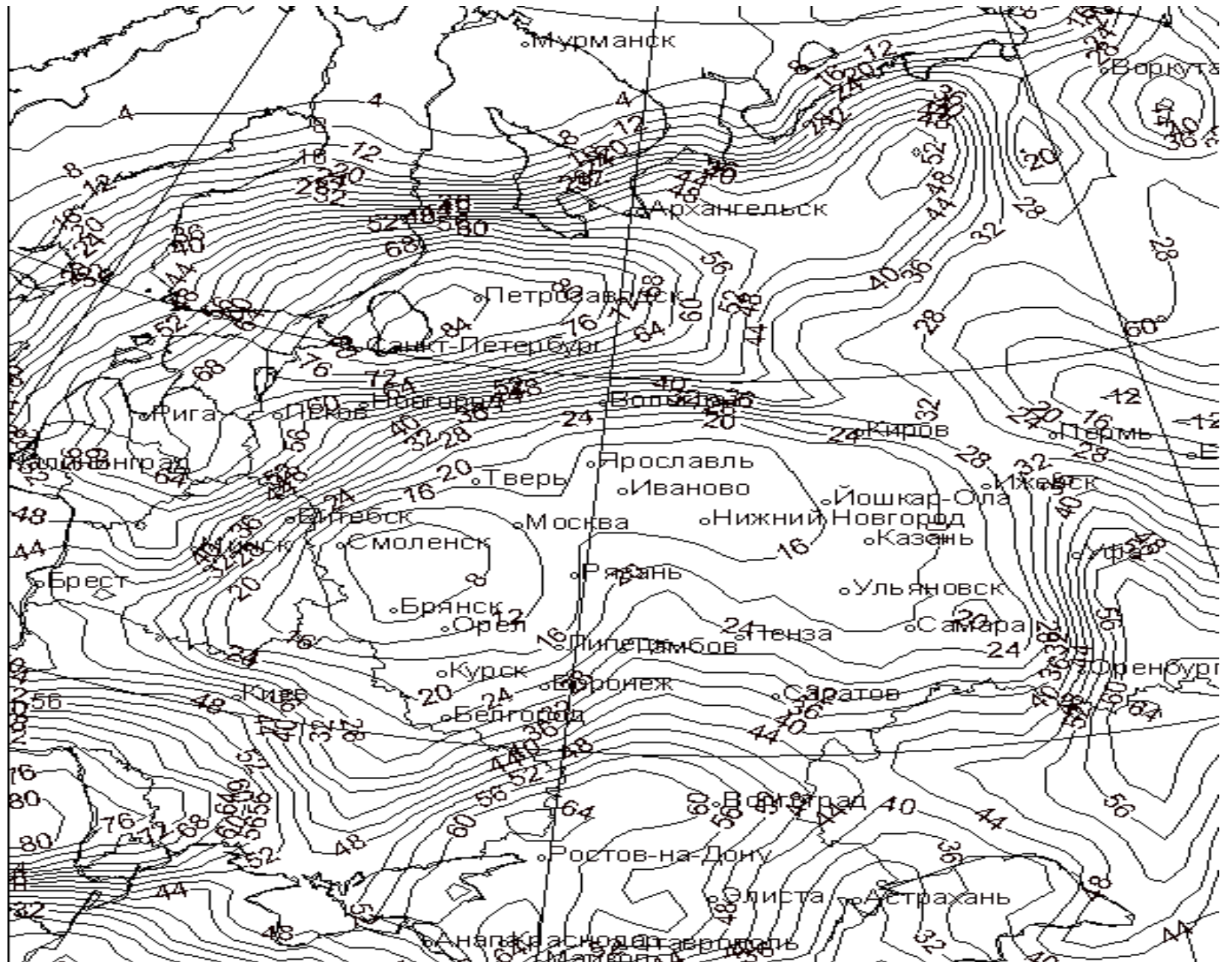
Прогноз ветра ОЯ на 07.08.2012 на текущий день



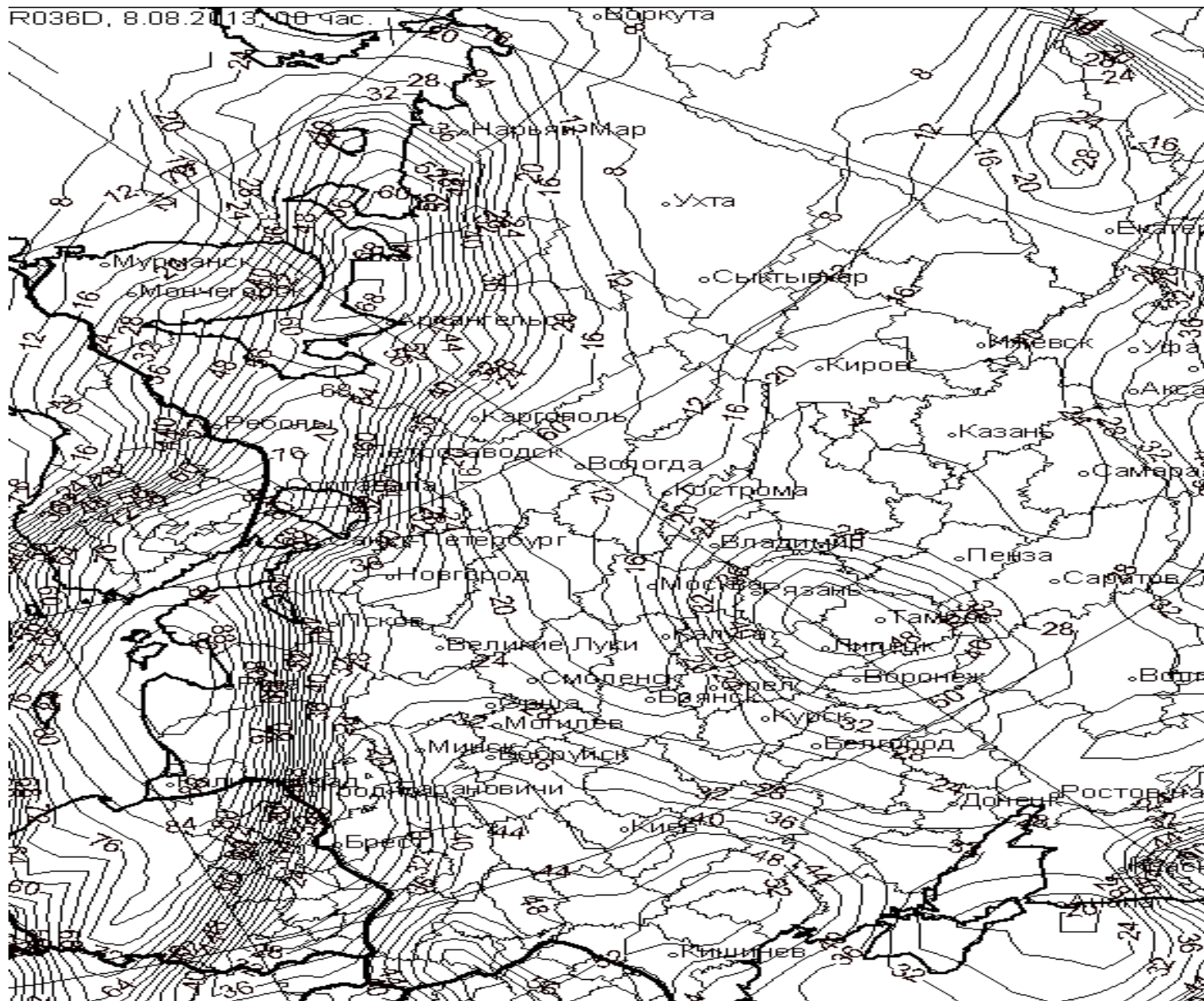
Прогноз ветра с заблаговременностью 36 ч. на 12.06.2012



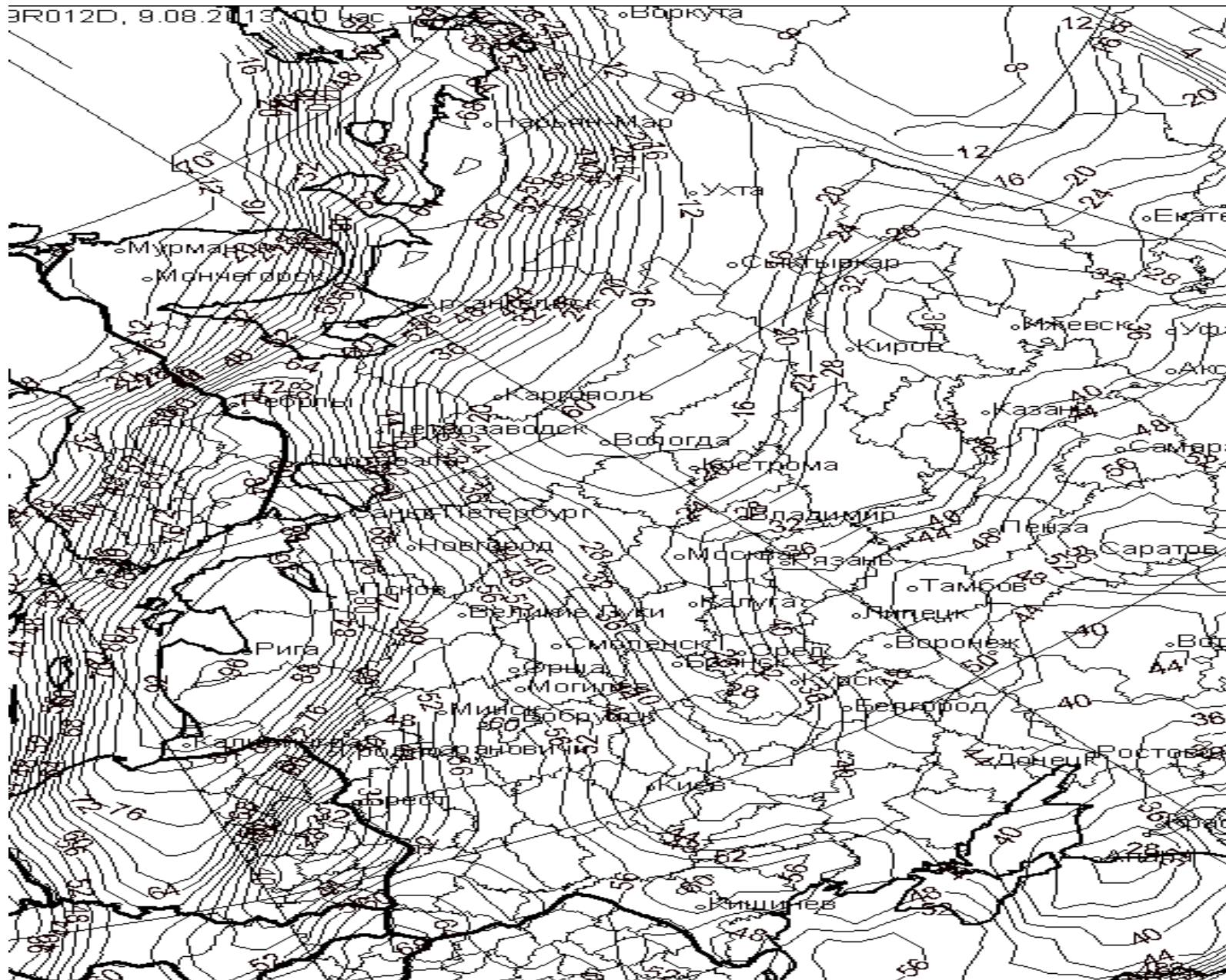
Прогноз ветра ОЯ на 23.07.13



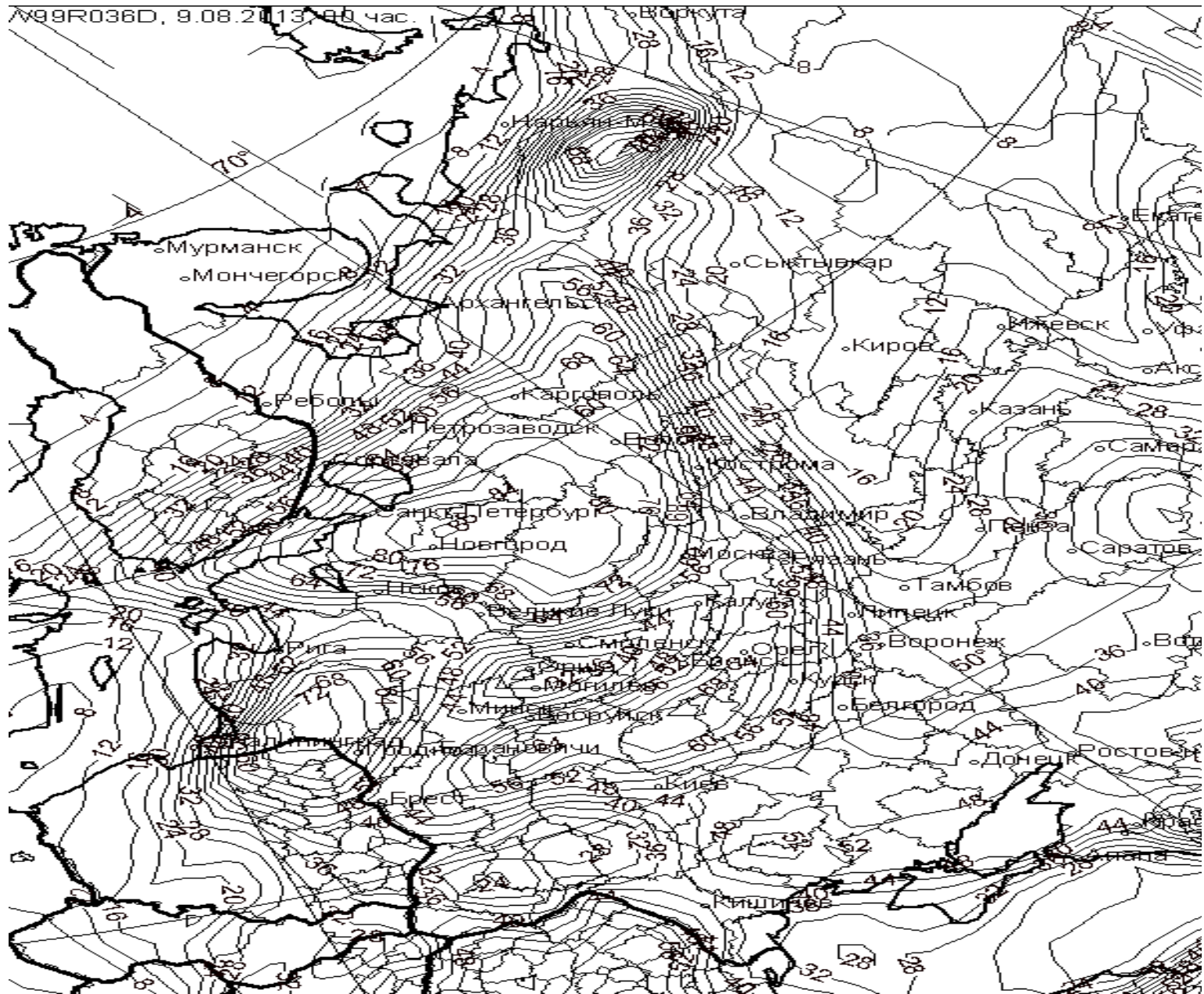
Прогноз ветра ОЯ на 09.08.2013 на следующий день за 36 часов



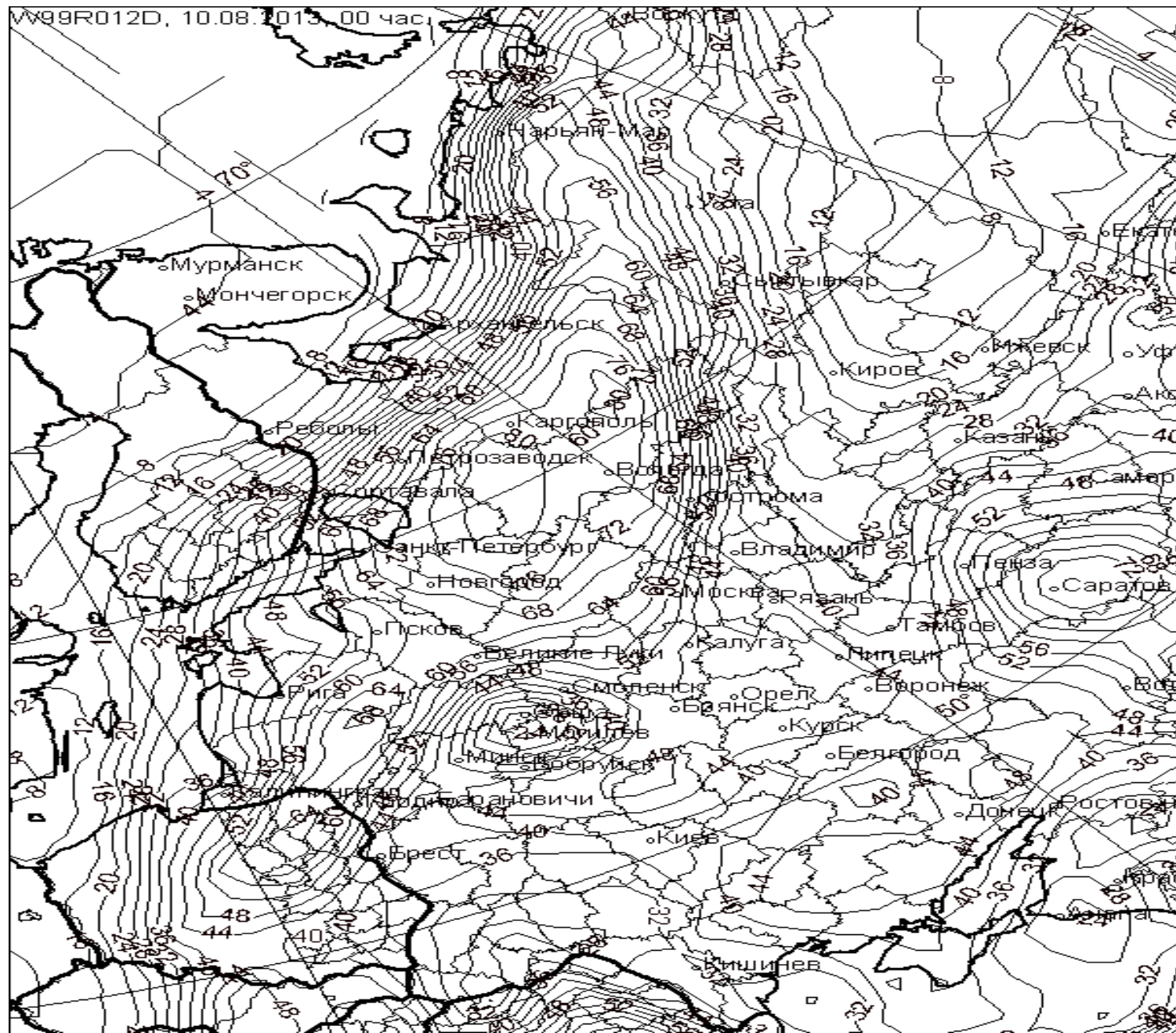
Прогноз ветра ОЯ на 09.08.2013 на текущий день



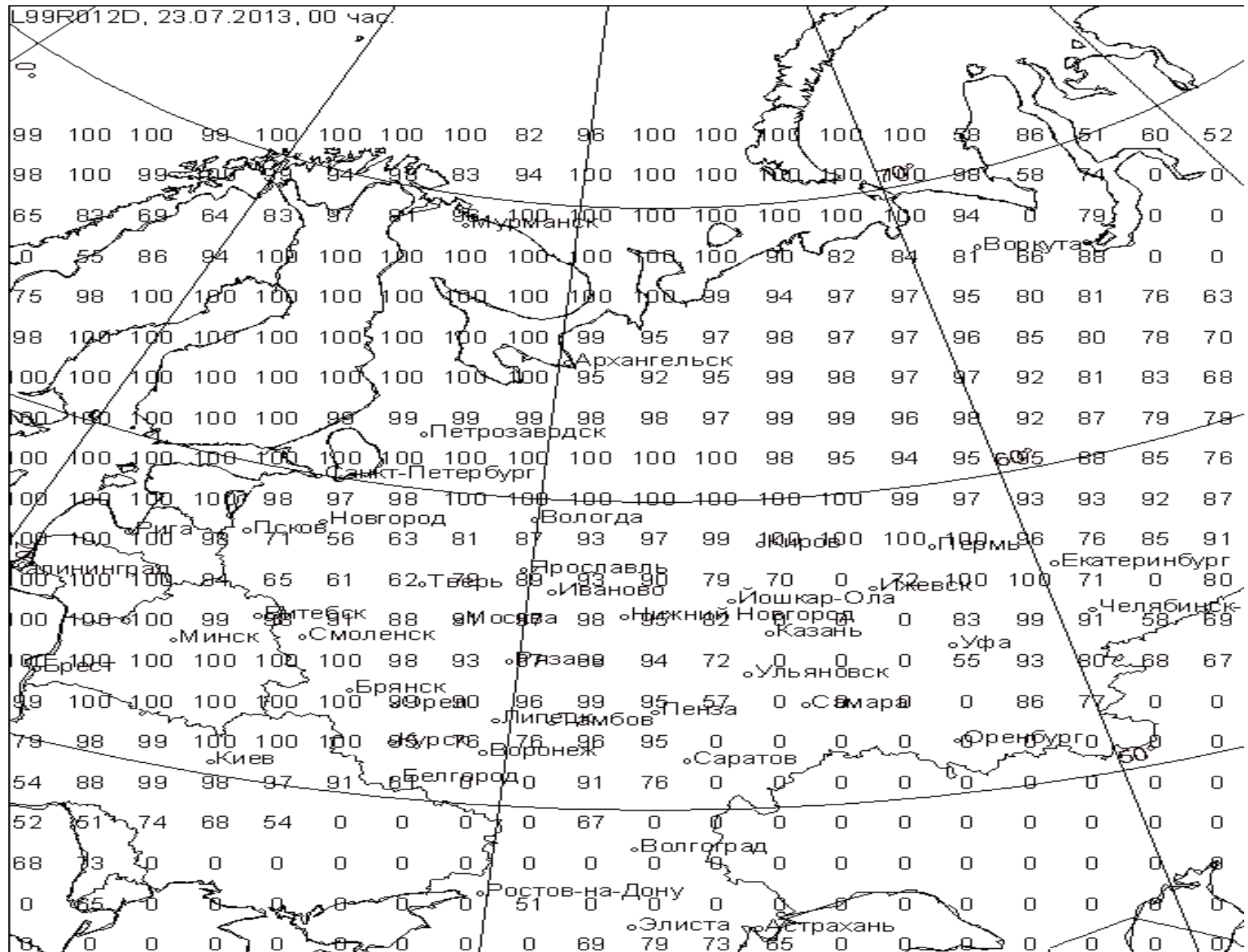
Прогноз ветра ОЯ на 10.08.2013 на следующий день за 36 часов



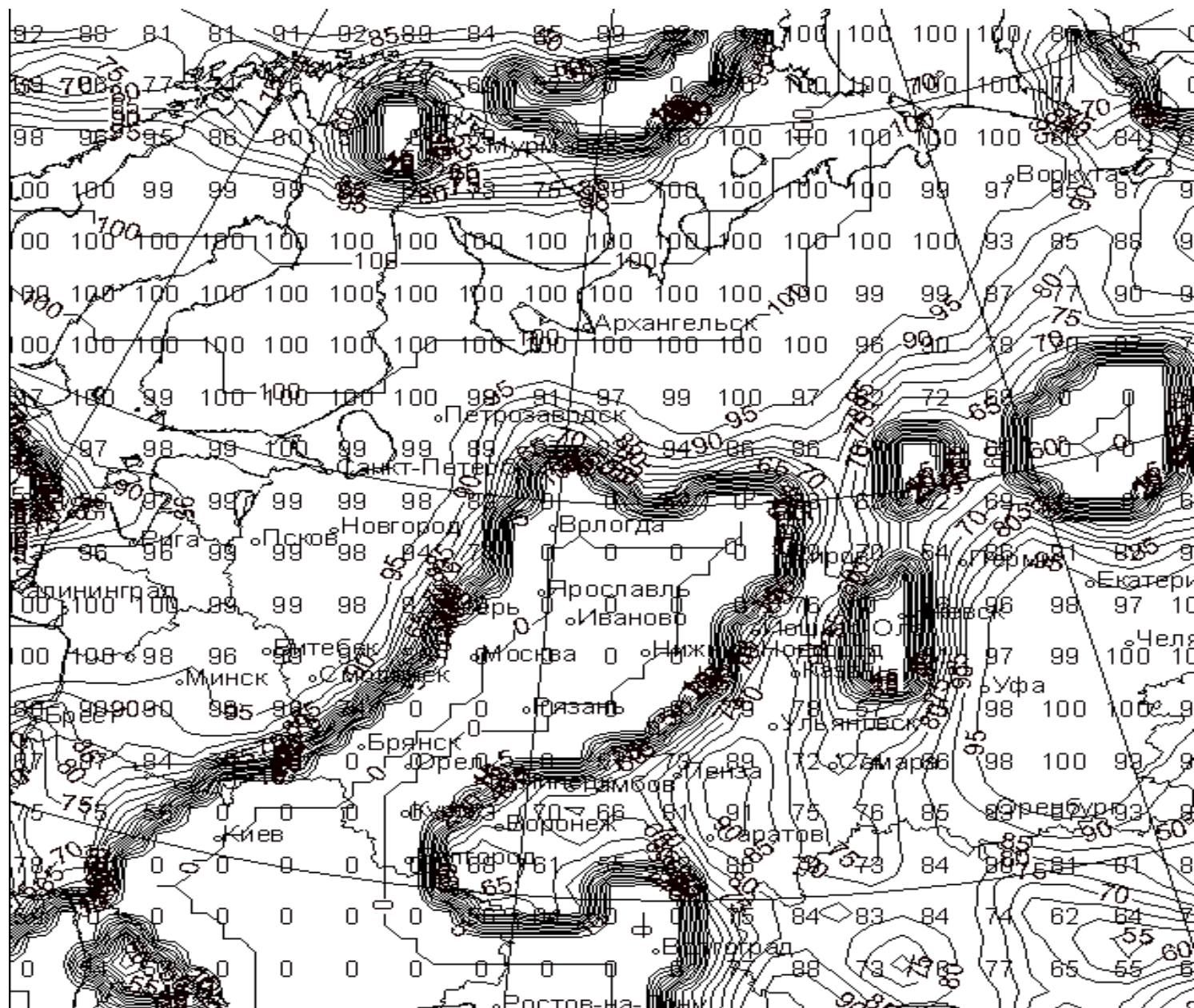
Прогноз ветра ОЯ на 10.08.2013 на текущий день



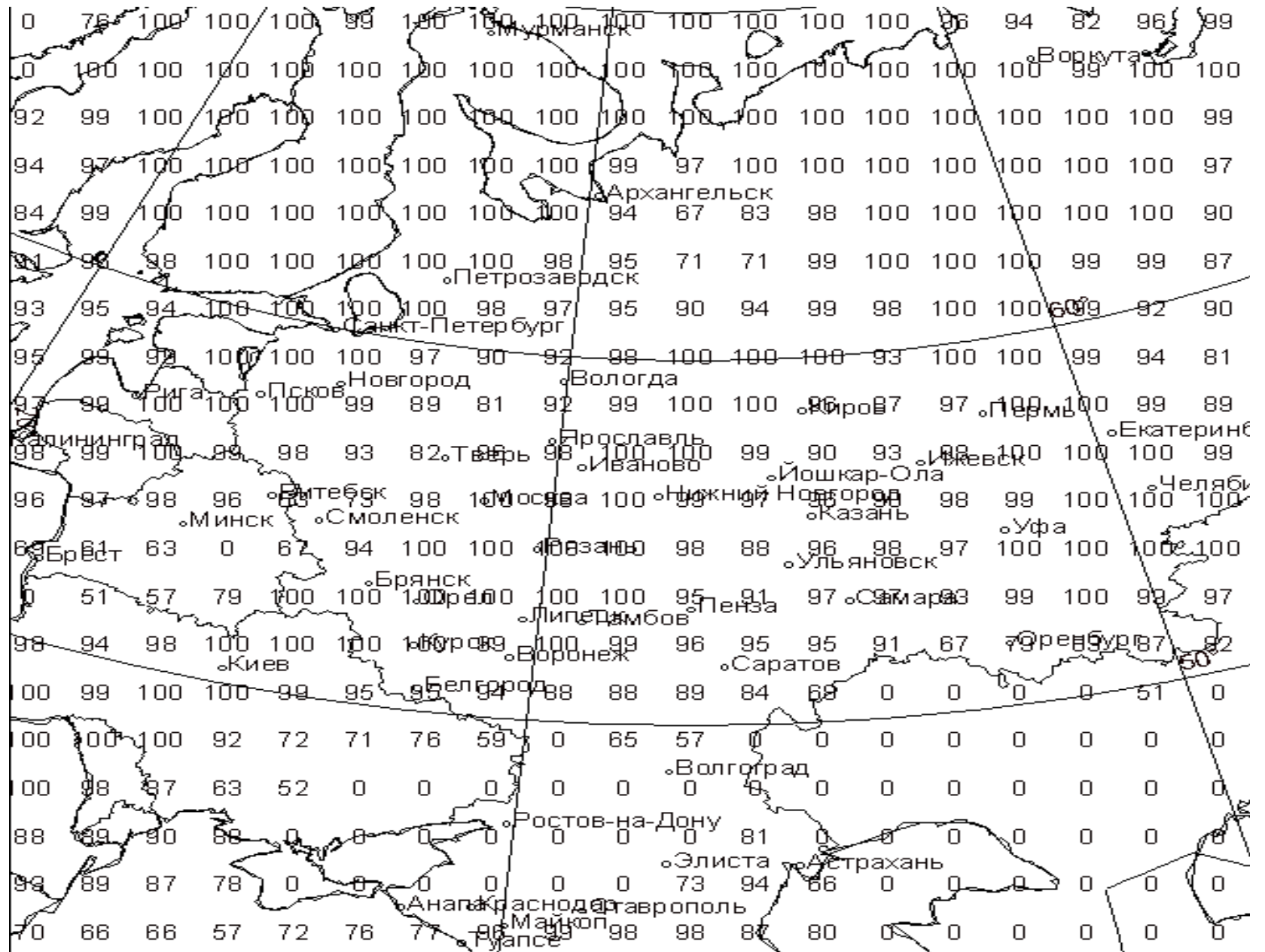
Прогноз осадков ОЯ на 23.07.13 на текущий день



Прогноз сильных осадков на 9.08.13



Прогноз осадков на 15.08.13 на текущий день



Автоматизированные оценки прогноза ветра $V \geq 22 \text{ м/с}$ по узлам ЕТР на 12-18ч

Год	Автор	Матрица сопряженности	Предуп. Явл.	Предуп Отсут.	Критерий Пирси
2010	Переходцева	53 4648 4701 21 20368 20389 74 25016 25090	Ря=71,5%	Рот=81,1%	$a=0,285,$ $b=0,19,$ $T=1-a-b=0,53$
2011	Переходцева	9 2857 2866 26 22251 22277 35 25108 25143	Ря=25,7%	Рот=89%	$a=0,74,$ $b=0,11,$ $T=1-a-b=0,15$
2010-2011	Переходцева	62 7505 7567 47 42619 42666 109 50124 50233	Ря=60%	Рот.=85%	$a=0,4, b=0,15,$ $T=1-a-b=0,45$
2010	Алексеева	24 1154 1178 50 18169 18297 74 25016 25090	Ря=32,4%	Рот.= 72%	$a=0,676, b=0,28,$ $T=1-a-b=0,05$
2011	Алексеева	3 556 559 32 24552 24584 35 25108 25143	Ря=8,6%	Рот.=98%	$a=0,91, b=0,02,$ $T=1-a-b=0,07$
2010-2011	Алексеева	27 1710 1737 82 48414 48496 109 50124 50233	Ря=25%	Рот.=95%	$a=0,75, b=0,05,$ $T=1-a-b=0,2$

Выводы

1. Автоматизированные оценки испытаний гидродинамико-статистических прогнозов сильных шквалов, смерчей и порывов ветра в градации опасных явлений с заблаговременностью 12-36ч показали достаточно успешные результаты предупрежденности этих явлений, а также устойчивость созданных статистических моделей прогноза по отношению к используемой выходной продукции полусферной и региональной моделей Гидрометцентра РФ.
2. Метод прогноза штормового ветра с заблаговременностью 12 и 24ч по гидродинамико-статистической модели на базе данных региональной модели рекомендован решением ЦМКП (март 2011г) в качестве вспомогательного к синоптическому. Передача прогнозов в ЦГМС ЦФО, СЗУГМС и другие УГМС ЕТР может осуществляться с помощью FTP-сервера.
При этом следует отметить что для территории Северо-Западного и Северного Федеральных Округов оценки по всем методам наиболее успешны, здесь меньшее число «ложных тревог».
3. С целью повышения успешности и увеличения заблаговременности гидродинамико-статистических методов прогноза сильных шквалов и смерчей, а также сильных летних осадков предполагается в дальнейшем использовать прогностические поля полулагранжевой модели (автор-Толстых М.А.)

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 // сборник статей “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. Модель гидродинамико-статистического прогноза с заблаговременностью 12-48 сильных шквалов и смерчей по территории Сибири // “Современные проблемы дистанционного зондирования земли из космоса”, Москва, т.8, №1, 2011, с.
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. 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 России.// Информационный сборник N40, - Москва, 2013, - с.170-181.
17. Веселова Г.К., Переходцева Э.В. Результаты испытания автоматизированного метода прогноза летних осадков с выделением областей (с количеством осадков 15мм и более) на текущий день по Европейской части России // Информационный сборник № 22. - 1994. - С. 31-36.

Thanks
for your attention

Таблица

Результаты независимых испытаний модели оперативного гидродинамико-статистического прогноза летних опасных ветров скоростью $V > 24\text{ м/с}$ с заблаговременностью 36ч по территории СЗУГМС за 2003–2005 г.г.

Прогноз	Наблюдалось		Сумма	Оправдываемость И	Критерий (Т) Пирси-Обухова
	Явление	без явления			
Явление	n_{11} 14	n_{12} 23	n_{10} 37	И 38%	
без явления	n_{21} 1	n_{22} 829	n_{20} 830	И 99%	
Сумма	n_{01} 15	n_{02} 852	n_{00} 867		
Предупрежденность прогноза явления и его отсутствия	$P_{я} = 93\%$	$P_{б.я} = 97\%$	Общая оправдываемость	F=97%	T=0,9

Автоматизированные оценки прогноза ветра $V \geq 22 \text{ м/с}$ по узлам ЕТР на 12-18ч

Год	Автор	Матрица сопряженности	Предуп. Явл.	Предуп Отсут.	Критерий Пирси									
2010	Переходцева	<table style="border-collapse: collapse; margin: 0 auto;"> <tr><td>53</td><td>4648</td><td>4701</td></tr> <tr><td>21</td><td>20368</td><td>20389</td></tr> <tr><td>74</td><td>25016</td><td>25090</td></tr> </table>	53	4648	4701	21	20368	20389	74	25016	25090	Ря=71,5%	Рот=81,1%	a=0,285, b=0,19, T=1-a-b=0,53
53	4648	4701												
21	20368	20389												
74	25016	25090												
2011	Переходцева	<table style="border-collapse: collapse; margin: 0 auto;"> <tr><td>9</td><td>2857</td><td>2866</td></tr> <tr><td>26</td><td>22251</td><td>22277</td></tr> <tr><td>35</td><td>25108</td><td>25143</td></tr> </table>	9	2857	2866	26	22251	22277	35	25108	25143	Ря=25,7%	Рот=89%	a=0,74, b=0,11, T=1-a-b=0,15
9	2857	2866												
26	22251	22277												
35	25108	25143												
2010-2011	Переходцева	<table style="border-collapse: collapse; margin: 0 auto;"> <tr><td>62</td><td>7505</td><td>7567</td></tr> <tr><td>47</td><td>42619</td><td>42666</td></tr> <tr><td>109</td><td>50124</td><td>50233</td></tr> </table>	62	7505	7567	47	42619	42666	109	50124	50233	Ря=60%	Рот.=85%	a=0,4, b=0,15, T=1-a-b=0,45
62	7505	7567												
47	42619	42666												
109	50124	50233												
2010	Алексеева	<table style="border-collapse: collapse; margin: 0 auto;"> <tr><td>24</td><td>1154</td><td>1178</td></tr> <tr><td>50</td><td>18169</td><td>18297</td></tr> <tr><td>74</td><td>25016</td><td>25090</td></tr> </table>	24	1154	1178	50	18169	18297	74	25016	25090	Ря=32,4%	Рот.= 72%	a=0,676, b=0,28, T=1-a-b=0,05
24	1154	1178												
50	18169	18297												
74	25016	25090												
2011	Алексеева	<table style="border-collapse: collapse; margin: 0 auto;"> <tr><td>3</td><td>556</td><td>559</td></tr> <tr><td>32</td><td>24552</td><td>24584</td></tr> <tr><td>35</td><td>25108</td><td>25143</td></tr> </table>	3	556	559	32	24552	24584	35	25108	25143	Ря=8,6%	Рот.=98%	a=0,91, b=0,02, T=1-a-b=0,07
3	556	559												
32	24552	24584												
35	25108	25143												
2010-2011	Алексеева	<table style="border-collapse: collapse; margin: 0 auto;"> <tr><td>27</td><td>1710</td><td>1737</td></tr> <tr><td>82</td><td>48414</td><td>48496</td></tr> <tr><td>109</td><td>50124</td><td>50233</td></tr> </table>	27	1710	1737	82	48414	48496	109	50124	50233	Ря=25%	Рот.=95%	a=0,75, b=0,05, T=1-a-b=0,2
27	1710	1737												
82	48414	48496												
109	50124	50233												

Автоматизированные оценки прогноза ветра $V \geq 25$ м/с по территории ЕТР по новой градусной сетке за 2012г

	Прогноз $V \geq 25$ м/с	Прогноз $V \geq 23$ м/с	Прогноз $V \geq 22$ м/с, с допуском
Переход. Прогноз на 12ч	27 11293 11320 17 30069 30086 44 41362 41404 Пя=61;По=73, в %, Т=0,34.	57 11218 11275 37 29746 29783 94 40964 41058 Пя=61;По=73 в %, Т=0,34	72 11770 11842 45 29519 29564 117 41289 41406 Пя=62;По=71 в %, Т=0,34
Переход. Прогноз На 36ч	26 10511 10537 19 30850 30869 45 41361 41406 Пя=59;По=75, в %, Т=0,30.	60 11782 11842 32 29532 29564 92 41314 41406 Пя=65;По=71, в %, Т=0,37.	72 11770 11842 45 29519 29564 117 41289 41406 Пя=62;По=71, в %, Т=0,33.

Данная территория включает также Северный Кавказ, часть Украины и Белоруссии в Отделе по результатам прогноза по этим территориям

были сделаны сообщения на конференциях, а статьи были опубликованы в Трудах конференций [15].

Результаты адаптации и применения гидродинамико-статистической модели сильных летних осадков к прогнозу сильных осадков холодного периода

Для прогноза сильных осадков холодного периода (твердой, жидкой и смешанной фазы) нами была использована адаптированная гидродинамико-статистическая модель прогноза летних сильных осадков, успешно прошедшая в 1994г. независимые испытания [3]. Для оценки прогноза сильных осадков холодного периода (твердой, жидкой и смешанной фазы) была в 1999г успешно протестирована эта адаптированная гидродинамико-статистическая модель прогноза таких осадков для территории Московской, Нижегородской и Мурманской областей [4, 10].

В Наставлении по прогнозам погоды дается определение сильного снегопада ($Q \geq 7$ мм/12ч), прогноз при этом оправдывается с $Q = 5$ мм/12ч. Однако для дорожного хозяйства уже осадки количеством 3.5мм/12ч. представляют значительную опасность. При тестировании прогноза сильных снегопадов с заблаговременностью 12 и 24ч по вышеназванным областям были получены хорошие результаты, одобренные Техсоветах УГМС для Мурманской и Нижегородской областей и Центральной Методической комиссией Росгидромета для Московской области, которая рекомендовала эти методы для использования в синоптической практике (предупрежденность этих явлений для Нижегородской и Мурманской областей составила $P = 90-96\%$, для Московской области – $P = 73\%$ (в связи с малым количеством случаев выпадения сильного снегопада с $Q = 7$ мм).