

**VIII Всероссийская конференция
«Дистанционное зондирование
Земли из космоса»**

**Прогнозирование смерчей и сильных
шквалов по территории Сибири
на основе гидродинамико-
статистической
модели прогноза**

***Переходцева Э.В. (ГУ «Гидрометцентр
России», e-mail: perekhod@metcom.ru)***

1.THE INTRODUCTION

The territory of Siberia is more great then territory of European part of Russia. Development of successful method of forecast of storm summer winds, including squalls and tornadoes, that often result in human and material losses, could allow one to take proper measures against destruction of buildings and to protect people. Well-in-advance successful forecast (from 12h to 48h) makes possible to reduce the losses. Prediction of these phenomena involved is a very difficult problem for synoptic of Siberia till now day. The existing graphic and calculation synoptic methods still depend on subjective decision of an operator. Nowadays in Russia there is no hydrodynamic model for forecast of the maximal speed of storm wind with the velocity V more than 19m/s. Hence the main tools of objective forecast are statistical methods using the phenomena dependence on a number of atmospheric parameters (predictors). We have adapted for the territory of Siberia our hydrodynamic-statistical methods of forecast of squalls with the velocity $V > 19\text{v/s}$ and dangerous wind $V > 24\text{m/s}$ including tornadoes that are now as operative methods of the forecast of these phenomena for the territory of European part of Russia and Europe.

- **2. THE STATISTICAL MODEL OF SQUALLS AND**
- **DANGEROUS WIND ALTERNATIVE FORECAST**

- The meteorological situation involved the dangerous phenomena –the squalls or the dangerous wind including tornadoes with the velocity $V > 19 \text{ m/s}$, 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 or the rainfalls were observed.
- The recognition model of the sets $\{\mathbf{X}(A)\}$ and $\{\mathbf{X}(B)\}$ was constructed by use the Byes approach ([1] and [2]) realized on FORTRAN, and the discriminant function $U(\mathbf{X})$ was submitted as decisive rule of the forecast of the wind ($V > 19 \text{ m/s}$):
- $U(\mathbf{X}) = \sum a_i x_i + c, i=1, \dots, k, \quad (1)$
- If $U(\mathbf{X}) > 0$, then the phenomenon A is predicting in given point and,
- If $U(\mathbf{X}) \leq 0$, then the phenomenon B is predicting in given point. (2)
- (If $U(\mathbf{X}) > 3$, is it the high probability of storm wind ($V > 24 \text{ m/s}$) and tornado)

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

- Before the construction of the discriminant function $U(X)$ for the recognition of the sets $\{X(A)\}$ and $\{X(B)\}$ it was necessary to decide the problems of the compressing the predictors space without losses of the information. For this purpose we have choosed the informative vector-predictor. It was made by the algorithm of a transmutation of the columns and lines of the sample mean matrix $\mathbf{R}$.
- For this purpose we put the sample matrix $\mathbf{R}$ in accordance to the connected graph $\mathbf{G}$; 26 predictors are in correspondence to the graph vertices, and the binary coefficients are in correspondence to ribs of the graph $\mathbf{G}$. Given the threshold of the connection $\mathbf{r}$, we'll keep only the ribs of the graph $\mathbf{G}$ which are corresponding to the binary coefficient $\mathbf{r}_{ij} \geq \mathbf{r}$. Then the connected graph $\mathbf{G}$ breaks up to several connected subgraphs $\mathbf{G}_i$ in this case. Each subgraph $\mathbf{G}_i$ is corresponded to several diagonal blocks of dependent predictors of the matrix $\mathbf{R}$. Given optimal threshold $\mathbf{r}=0.5$ we have obtained three blocks of the dependent predictors and several isolated vertices, which are corresponding to almost independent predictors. The informative predictors – the representatives from each block and two independent predictors have composed informative vector-predictor of dimension $k=6$ [2].

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

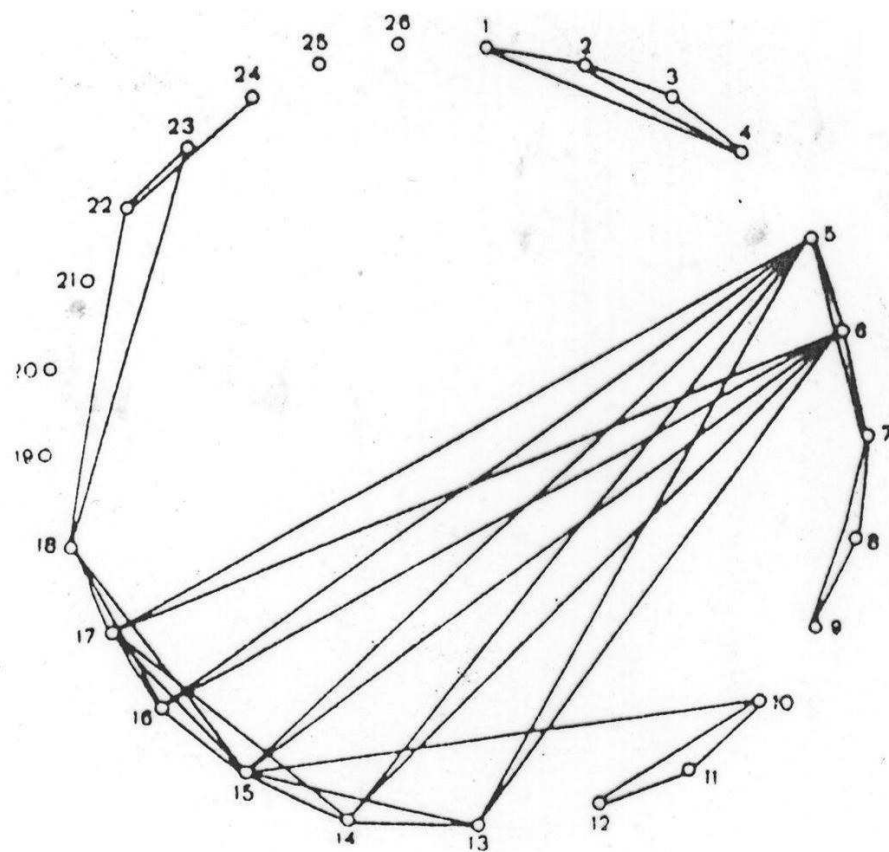


fig.1

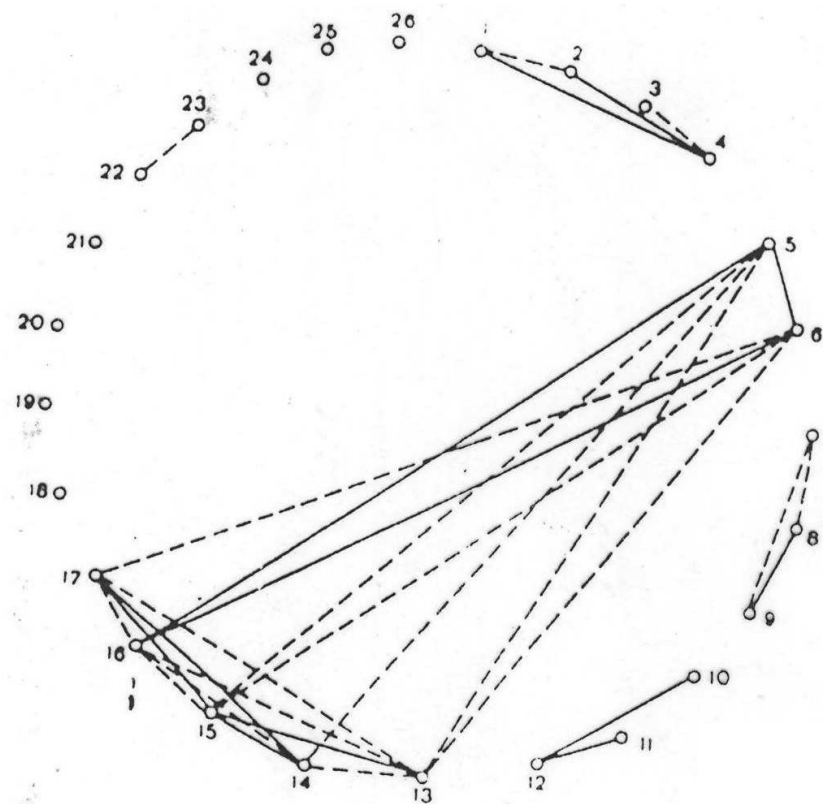


fig. 2

- **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 $\Delta^2 = (m_i(A) - m_i(B))^2 / \sigma^2$,
- 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 the wind at the different level are distributed close to the normal one, so we have decided to use this criterion as a very simple method.
- The criterion $H_{\min}$ of Vapnik-Chervonenkis is nonparametric method, we have got the program for the calculation of the values $H_{\min}$ for each of the predictors.

Значения расстояния Махаланобиса и значения минимальной энтропии для 26 предикторов.

№№	Обозначение	Расстояние Махаланобиса	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

Значения расстояния Махаланобиса и значения минимальной энтропии для 26 предикторов (продолжение).

№№	Обозначение	Расстояние Махаланобиса	Минимальная энтропия	М (А)	М (В)
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

- As a result, the groups of the most informative predictors calculating by Δ^2 and by $H_{\min}$ are coincided, and the informative vector-predictor has been composed from six atmospheric parameters after this selection:
- $(V_{700}, H_0, (T-T')_{500}, dt/dn_{ea}, T_{ea}, T_d)$, where
- $-V_{700}$ – the value of the mean velocity of the wind on the level 700 hPa;
- $-H_0$ – the level of the isotherm of 0°C , hPa;
- $-(T'-T)_{500}$ – the difference between the values of the stratification curve and the moist adiabat curve on the level 500 hPa, $^\circ\text{C}$;
- $-dt/dn_{ea}$ – the maximal difference between temperatures over the front on the earth level at the distance of 250 km from the forecast point.
- $-T_{ea}$ – the maximal temperature on the earth level, $^\circ\text{C}$;
- $-T_d$ – the maximal temperature of the dew point on the earth level, $^\circ\text{C}$.

Таблица 1

Прогноз смерчей 1984-1986гг на текущий день по сроку 00ч СГВ по
положительным значениям функции $U(X)$

Пункт	Дата	V_{700}	H_0	$(T'-T)_{500}$	$\frac{\partial T}{\partial n_3}$	$T_{\max}$	$Td_{\max}$	$U(X)$
Иваново	09.06.1984	13	630	9	5	24	15,0	3,6
Зарайск	02.08.1984	22	715	3	2	21	14,6	1,9
Пенза	21.08.1986	20	630	6	4	31	16,0	7,9
Рязань	26.08.1986	22	660	7	3	30	15,0	7,3
Москва	31.08.1986	18	615	2	3	31	13,5	7,9

Таблица 2

**Прогноз смерчей, наблюдавшихся в 1984–1986 гг., на текущий день
по значениям дискриминантной функции $U(X)$**

Пункт	Дата	V_{700}	H_0	$(T'-T)_{500}$	$\frac{\partial T}{\partial n_3}$	$T_{\max}$	$Td_{\max}$	$U(X)$
Иваново	9.06.1984	13	630	9	5	24	15,0	3,6
Пенза	21.08.1986	20	630	6	4	31	16,0	7,9
Рязань	26.08.1986	22	660	7	3	30	15,0	7,3
Москва	31.08.1986	18	615	2	3	31	13,5	7,9

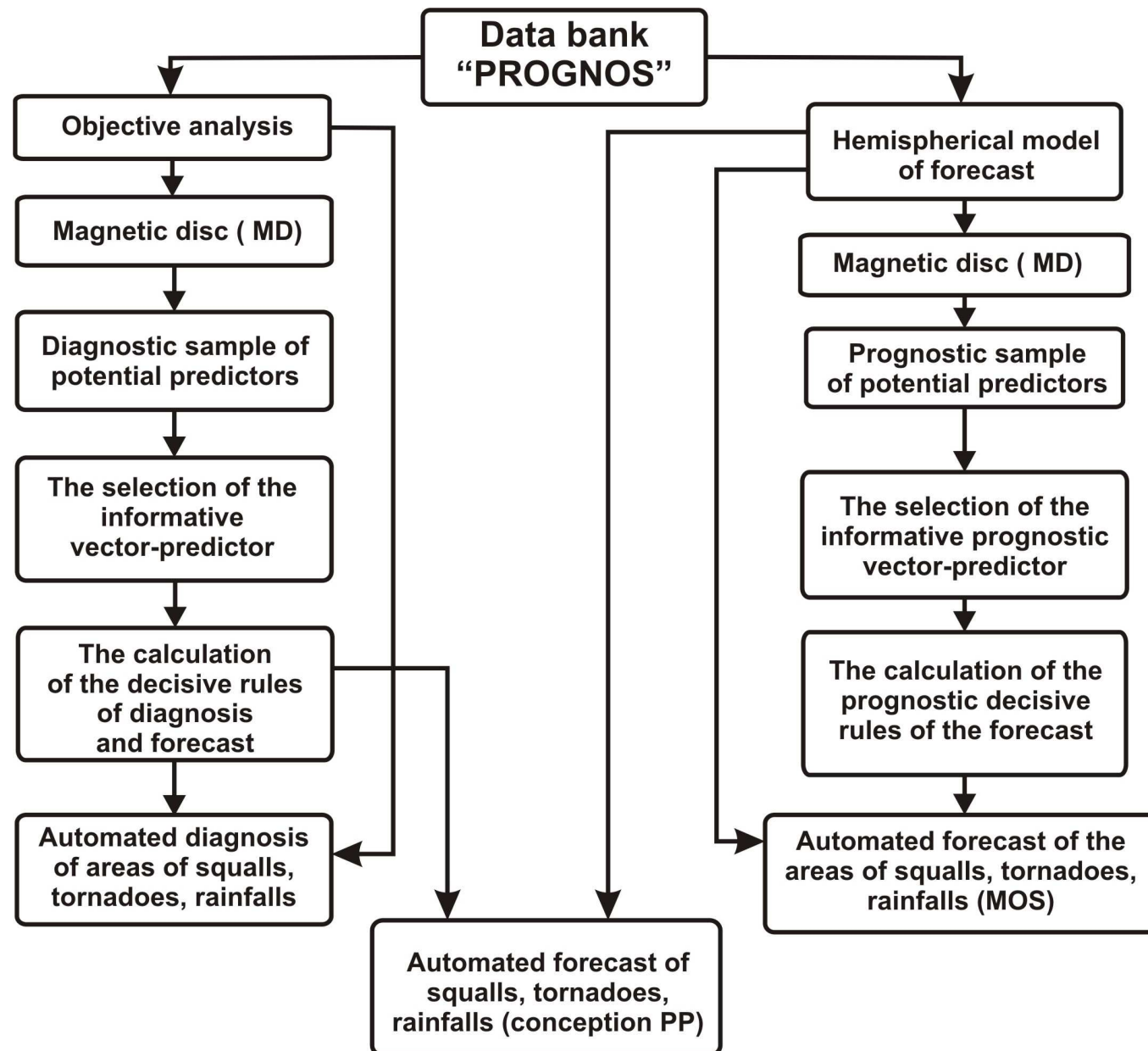
Вечером 3 июня 2009 года на северо-западе Московской области в поселке Краснозаводск наблюдался разрушительный смерч. Скорость ветра по шкале Ботфорта превышала 25м/с. На ближайшей к пункту Краснозаводск метеорологической станции в г. Долгопрудный были отмечены в течение этих суток максимальные порывы ветра со скоростью $V=18-22$ м/с. Как и в представленных в таблице 2 случаях, синоптиками прогнозировались в течение дня грозы и порывы ветра со скоростью 15-18м/с.

- **5. The model of automated hydrodynamic-statistical forecast of squalls and storm wind over the territory of European part of Russia and Siberia**

- The values of atmospheric parameters used at the objective physic-statistical method of squalls and storm wind were calculated by the synoptic. The development of the hydrodynamic models of the short-term weather forecast allowed us to develop the automated statistical forecast of the weather phenomenon – squalls and dangerous storm wind.
- We have made the new selection of atmospheric parameters informative vector-predictor from new set of almost forty potential predictors (38). The selection was made by same method [2] of diagonalization of new mean correlation matrixes $\mathbf{R}_1$ and $\mathbf{R}_2$. The two new discriminant functions were calculated for two classes: $U_1(\mathbf{X})$ - for the recognition of the wind ($V > 19\text{m/s}$) and $U_2(\mathbf{X})$ - for the wind ($V > 24\text{m/s}$) respectively.
- These functions and the probabilities of the wind forecast of two classes are following:
 - $P_1(\mathbf{X}) = 1/(1 + \exp(-U_1(\mathbf{X})))$ (3)
 - $P_2(\mathbf{X}) = 1/(1 + \exp(-U_2(\mathbf{X})))$ (4)
- These values were calculated in the nodes of the grid $150 \times 150\text{km}$ of the hemispheric hydrodynamic model for the European part of Russia. The assessments of the independent tests of this forecast method of the wind ($V > 19\text{m/s}$) were submitted at the 1994-1995 years at the table 1.

сн This method was recommended for the using at the synoptic practice. 12

The scheme of diagnosis and forecast of the dangerous convective phenomena like squalls, tornadoes, rainfalls.



	Обозначение	Параметры атмосферы
1	P	Давление на уровне моря.
2–6	H ₁₀₀₀ , H ₈₅₀ , H ₇₀₀ , H ₅₀₀ , H ₃₀₀	Геопотенциал на уровне 1000, 850, 700 , 500 , 300 гПа
7	T ₃	Температура у поверхности земли
8–12	T ₉₂₅ , T ₈₅₀ , T ₇₀₀ , T ₅₀₀ , T ₃₀₀	Температура на уровне 925 , 850 , 700 , 500 , 300 гПа
13	Td ₃	Температура точки росы у поверхности земли
14–18	D ₉₂₅ , D ₈₅₀ , D ₇₀₀ , D ₅₀₀ , D ₃₀₀	Дефицит точки росы на уровне 925 , 850 , 700 , 500 , 300 гПа
19–28	U ₉₂₅ и V ₉₂₅ , U ₈₅₀ и V ₈₅₀ , U ₇₀₀ и V ₇₀₀ , U ₅₀₀ и V ₅₀₀ , U ₃₀₀ и V ₃₀₀ ,	Горизонтальная и вертикальная компоненты скорости ветра на уровне 925, 850, 700, 500, 300 гПа
29	W	Значение упорядоченных вертикальных движений
30	Iw	Значение индекса неустойчивости Вайтинга
31	U ₈₅₀ -U ₉₂₅	Разность горизонтальных компонент на уровнях 850 и 925 гПа
32	V ₈₅₀ -V ₉₂₅	Разность вертикальных компонент на уровнях 850 и 925 гПа
33	U ₅₀₀ -U ₇₀₀	Разность горизонтальных компонент на уровнях 500 и 700 гПа
34	V ₅₀₀ -V ₇₀₀	Разность вертикальных компонент на уровнях 500 и 700 гПа
35–37	∇ T ₃ , ∇ T ₉₂₅ , ∇ T ₈₅₀	Модуль горизонтального градиента температуры у поверхности земли, на уровне 925, 850 гПа
38	ΔP ₃	Лапласиан давления у поверхности земли

На новых архивах обучающих выборок этих предикторов для двух классов наличия явлений
отсутствия методом, описанным в [], был выбран новый информативный вектор-предсказатель:

сл

$$X=(H_{1000}, T_3, Td_3, V_{700}, V_{500} - V_{700}, Iw, \nabla T_3, \overset{14}{T_{300}}).$$

Таблица 3

Успешность прогноза стихийных ветров с заблаговременностью 36ч по полусферной модели гидродинамико-статистического прогноза

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.я вления			
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	67,5; 87	F=87,5	T=0,75

Результаты независимых испытаний гидродинамико-статистического метода прогноза летних опасных ветров скоростью не менее 25 м/с по территории ВВУГМС, СЗУГМС и УГМС Республики Татарстан за 2003-2005гг.

Количество прогнозируемых случаев.	Количество фактических случаев		Сумма	Оправды-ваемость прогноза, %	Предупр. прогноза, %	Общая оправд. прогноза, %	Критерий Пирси-Обухова			
	С явлением	Без явления								
Верхне-Волжское УГМС										
С явлением	n ₁₁	11	n ₁₂	157	n ₁₀	168	Ия= 6,5 Ибя= 98	Пя= 68,8 Пб.я= 91	F= 91,2	T= 0,60
Без явления	n ₂₁	5	n ₂₂	1662	n ₂₀	1667				
Сумма	n ₀₁	16	n ₀₂	1819	n ₀₀	1835				
Северо-Западное УГМС										
С явлением	n ₁₁	14	n ₁₂	23	n ₁₀	37	Ия= 38 Ибя= 99	Пя= 93,3 Пб.я= 97	F= 97	T= 0,90
Без явления	n ₂₁	1	n ₂₂	829	n ₂₀	830				
Сумма	n ₀₁	15	n ₀₂	852	n ₀₀	867				
УГМС Республики Татарстан										
С явлением	n ₁₁	7	n ₁₂	49	n ₁₀	56	Ия= 12 Ибя= 99,7	Пя= 87,5 Пб.я= 87	F= 87,5	T= 0,75
Без явления	n ₂₁	1	n ₂₂	344	n ₂₀	345				
Сумма	n ₀₁	8	n ₀₂	393	n ₀₀	401				

F – общая оправдываемость прогноза;

Ия – оправдываемость прогноза явления;

Ибя – оправдываемость прогноза без явления;

Пя – предупрежденность прогноза явления;

Пб.я – предупрежденность прогноза без явления;

T- значение критерия Пирси-Обухова

6. THE HYDRODYNAMIC-STATISTICAL FORECAST OF THE STRONG WIND OVER THE TERRITORY OF SIBERIA

For the forecast of the phenomenon of the storm wind with the given advance period 12, 24, 36 hours the values of the discriminant functions and the probabilities of these phenomena (the wind with $V > 19 \text{ m/s}$ and the wind with $V > 24 \text{ m/s}$) were calculated using the prognostic values of operative hemispherical model of Hydrometeorological Center of Russia in the nodes of the rectangular mesh $150 \times 150 \text{ km}$ over the territory of Siberia. In order to change to the alternative categorical forecast the author proposes the empirical threshold values specific for that territory of Siberia and for phenomena of the storm wind advance periods 12, 24, 36 hours. The prediction with the earliness 36h advance of the summer storm wind (velocity more 24 m/s) was so exact: in the south of Krasnoyarskiy areal on 18.06.05, in areal of Novosibirsk on 24.06.05, ($V = 37 \text{ m/s}$) in Altay areal on 24.06.05 too, in Turukhansk on 4.07.05, in the South of Teimyr peninsula on 20.07.05 and other.

The value of estimate of the warning was 86%. The error of “false alarm” is not very high, and so the value of Pirsy-Obukhov criterion was equal $T = 0,78$. The territory of Siberia has not very many meteorological stations and so hydrodynamic forecast of the storm wind is not successful. This new automated statistical method turned out successful and objective.

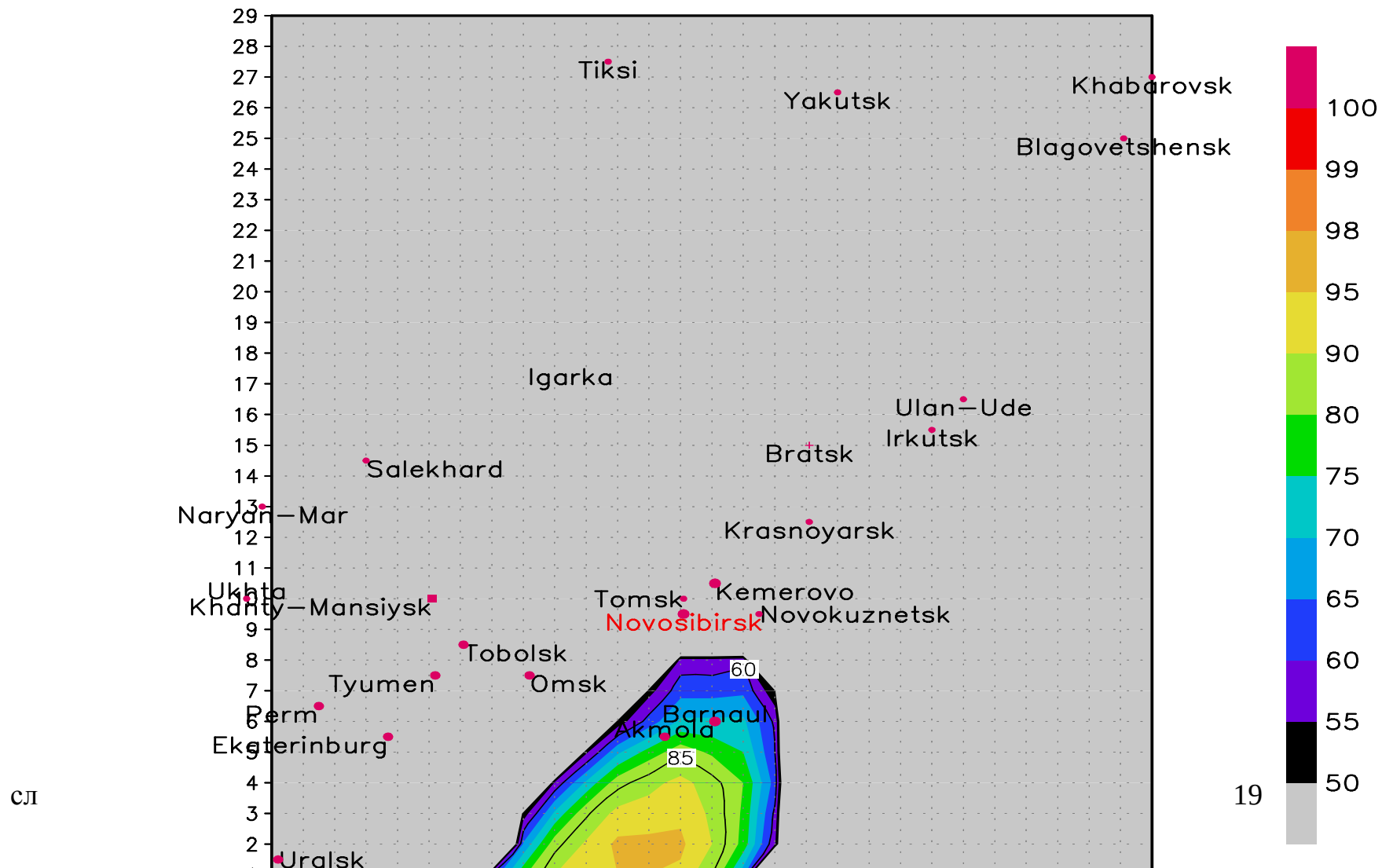
1XWEROYATNOSTI OBRAZOVANIA SYLNIH PORIVOV VETRA NA TERRITORII SIBIRI NA
SLEDUYUCHII DEN6

50806

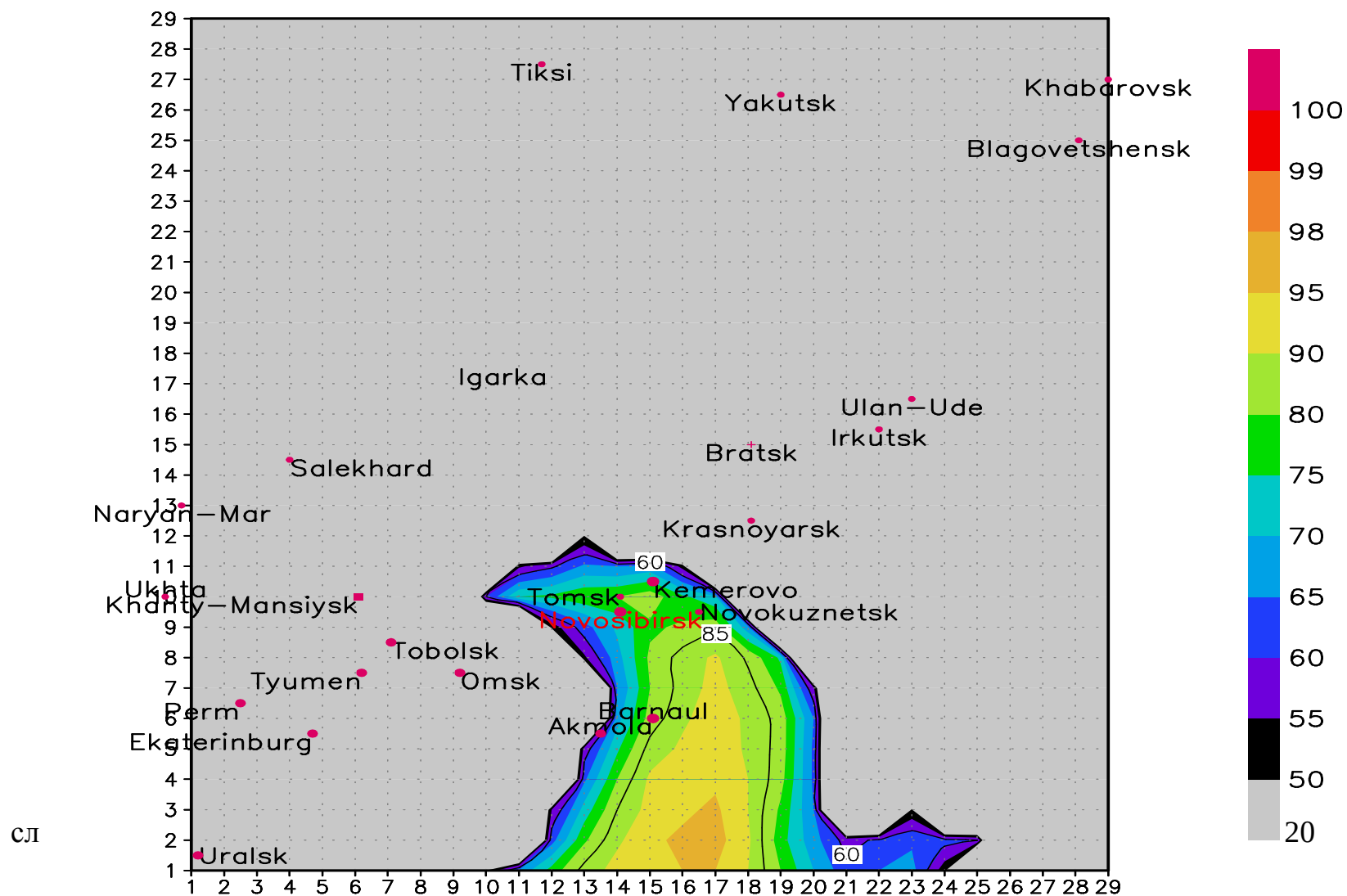
2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30

2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	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	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	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	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	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	54	52	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	51	65	59	52	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	66	59	52	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	68	60	52	51	50	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	66	58	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	64	56	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	55	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	57	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
+																												
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
+	*																											
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

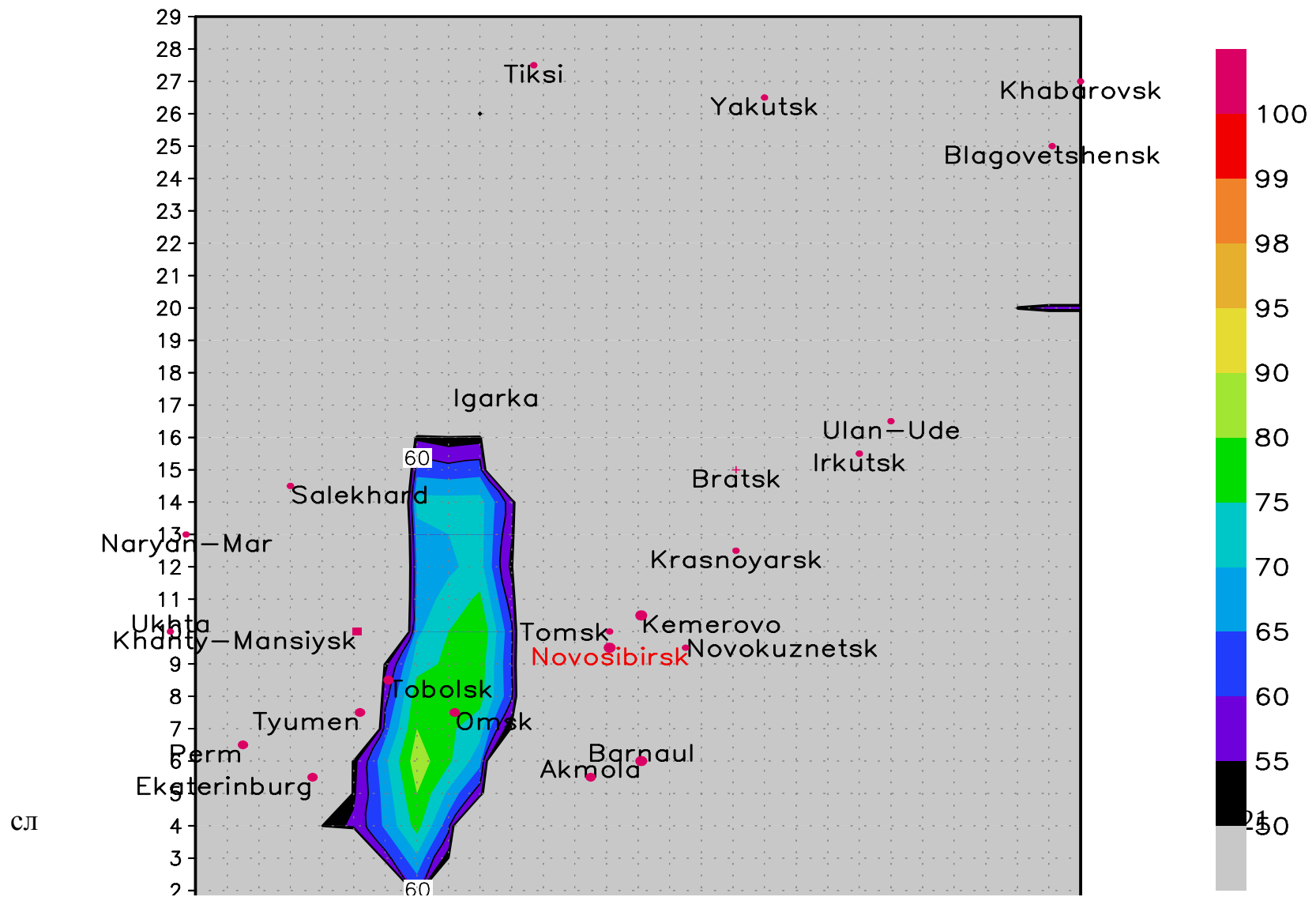
The forecast of the dangerous wind ($V > 24\text{m/s}$) to 24.06.05 with the earliness 36h over the territory of Siberia



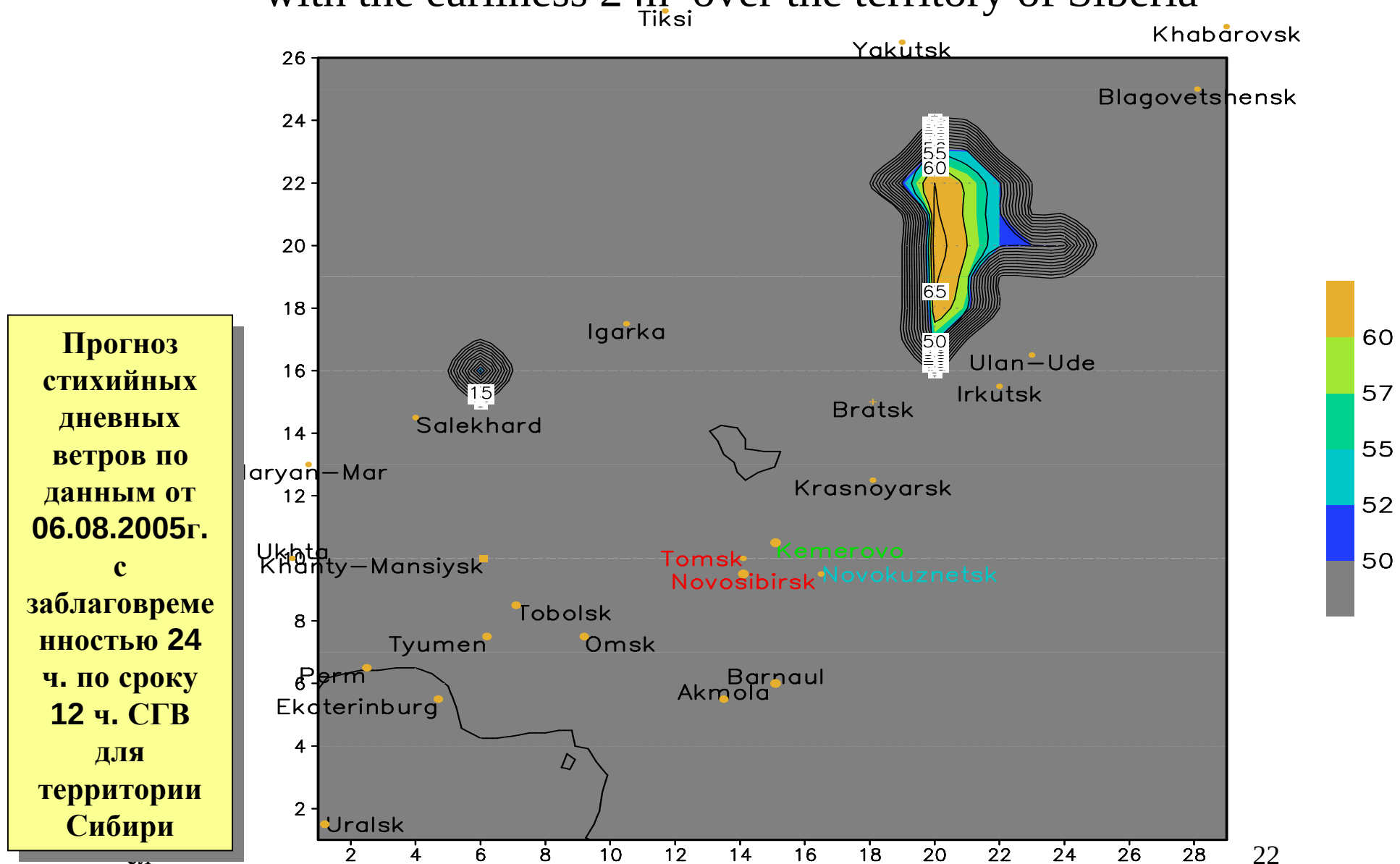
The forecast of the dangerous wind ($V > 24 \text{ m/s}$) to 24.06.05 with the earliness 12h over the territory of Siberia



The forecast of the dangerous wind ($V > 24 \text{ m/s}$) to 04.07.05 with the earliness 12h over the territory of Siberia

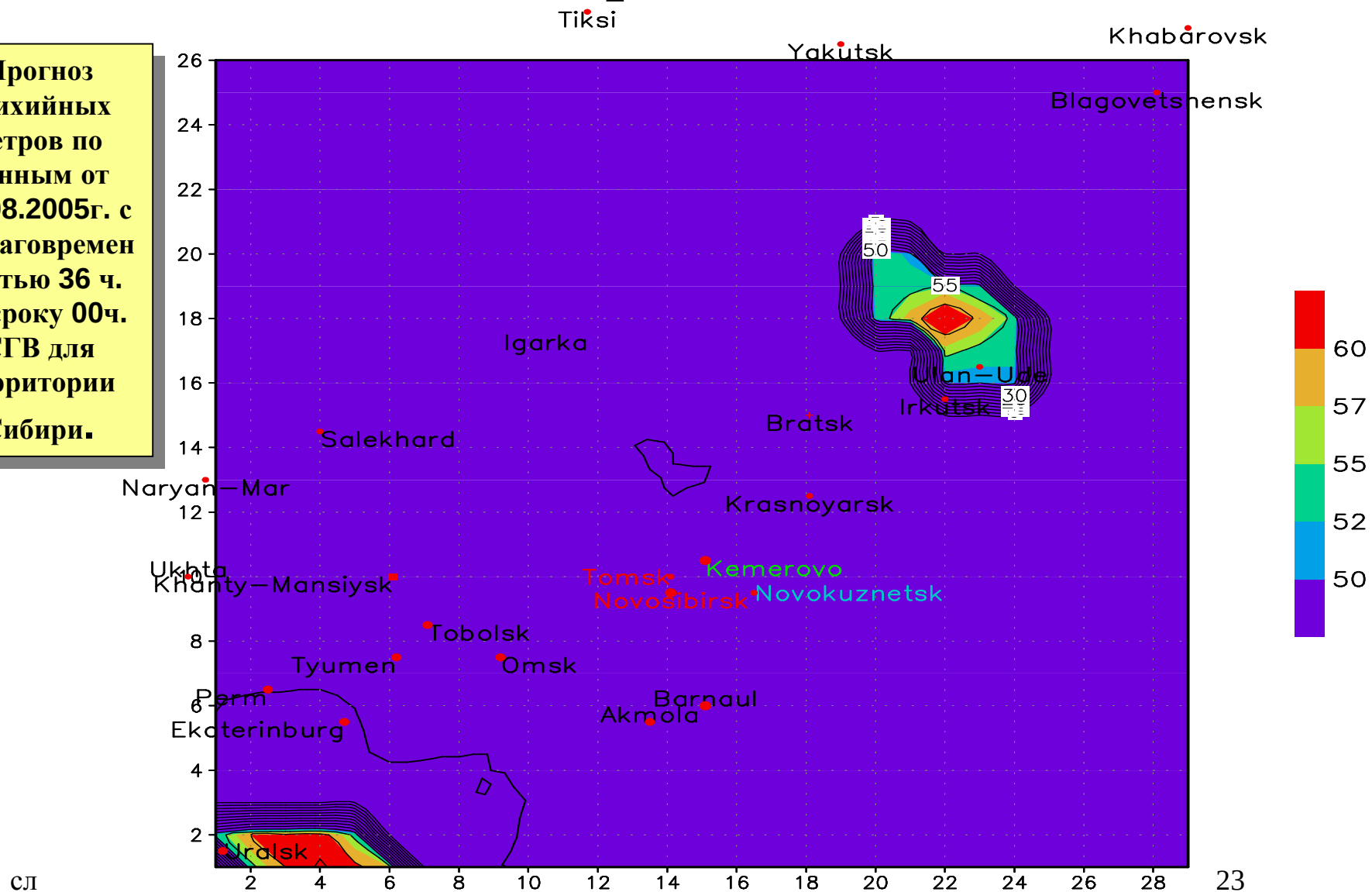


The forecast of day-time storm wind ($V > 24 \text{ m/s}$) to 07.08.05 with the earliness 24h over the territory of Siberia

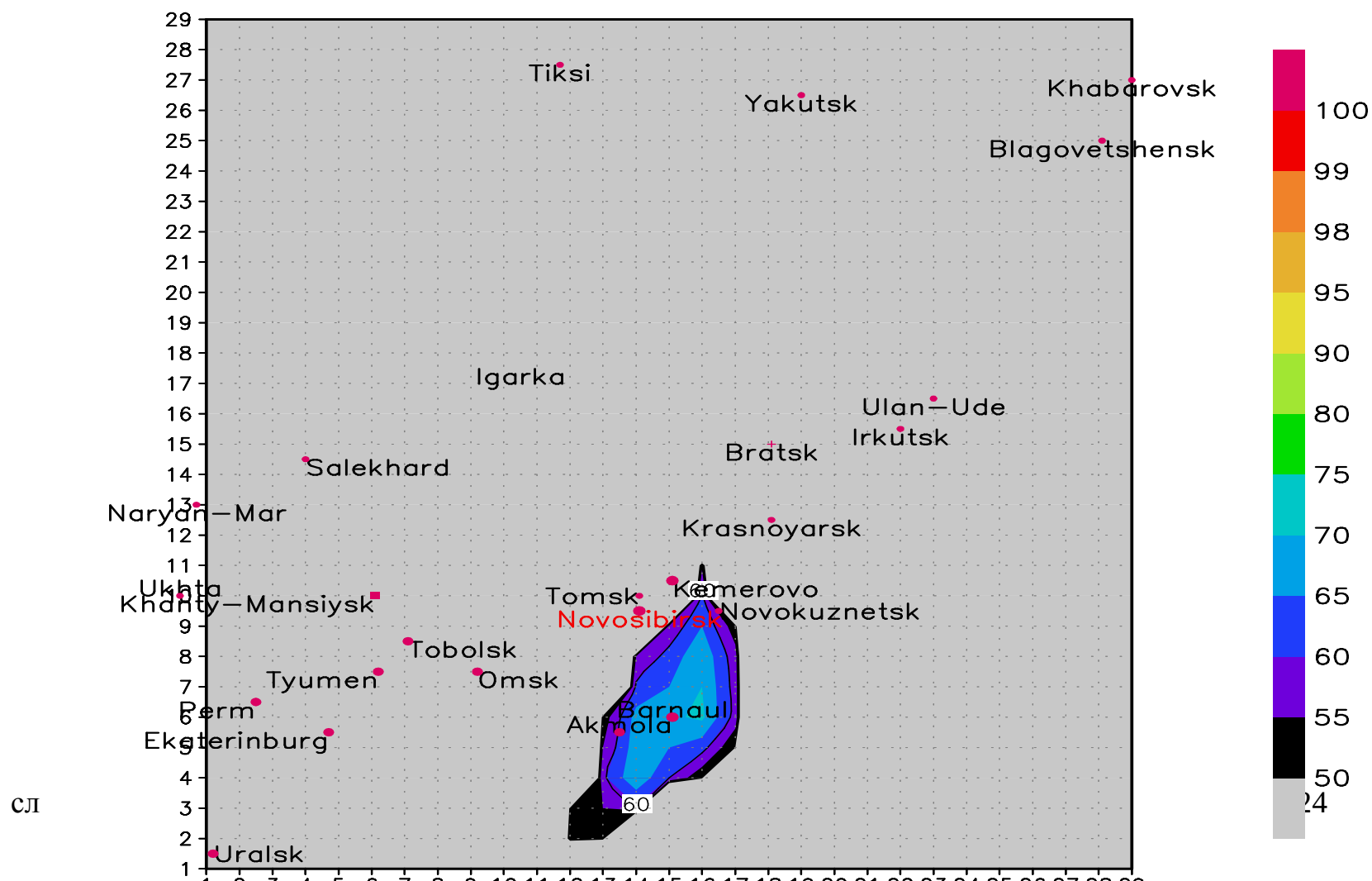


The forecast of day-time storm wind ($V > 24 \text{ m/s}$) to the term of 36h for 09.08.05 over the territory of Siberia

**Прогноз
стихийных
ветров по
данным от
08.08.2005г. с
заблаговремен
ностью 36 ч.
по сроку 00ч.
СГВ для
территории
Сибири.**



The forecast of the dangerous wind ($V > 24 \text{ m/s}$) to 18.06.05 with the earliness 24h over the territory of Siberia



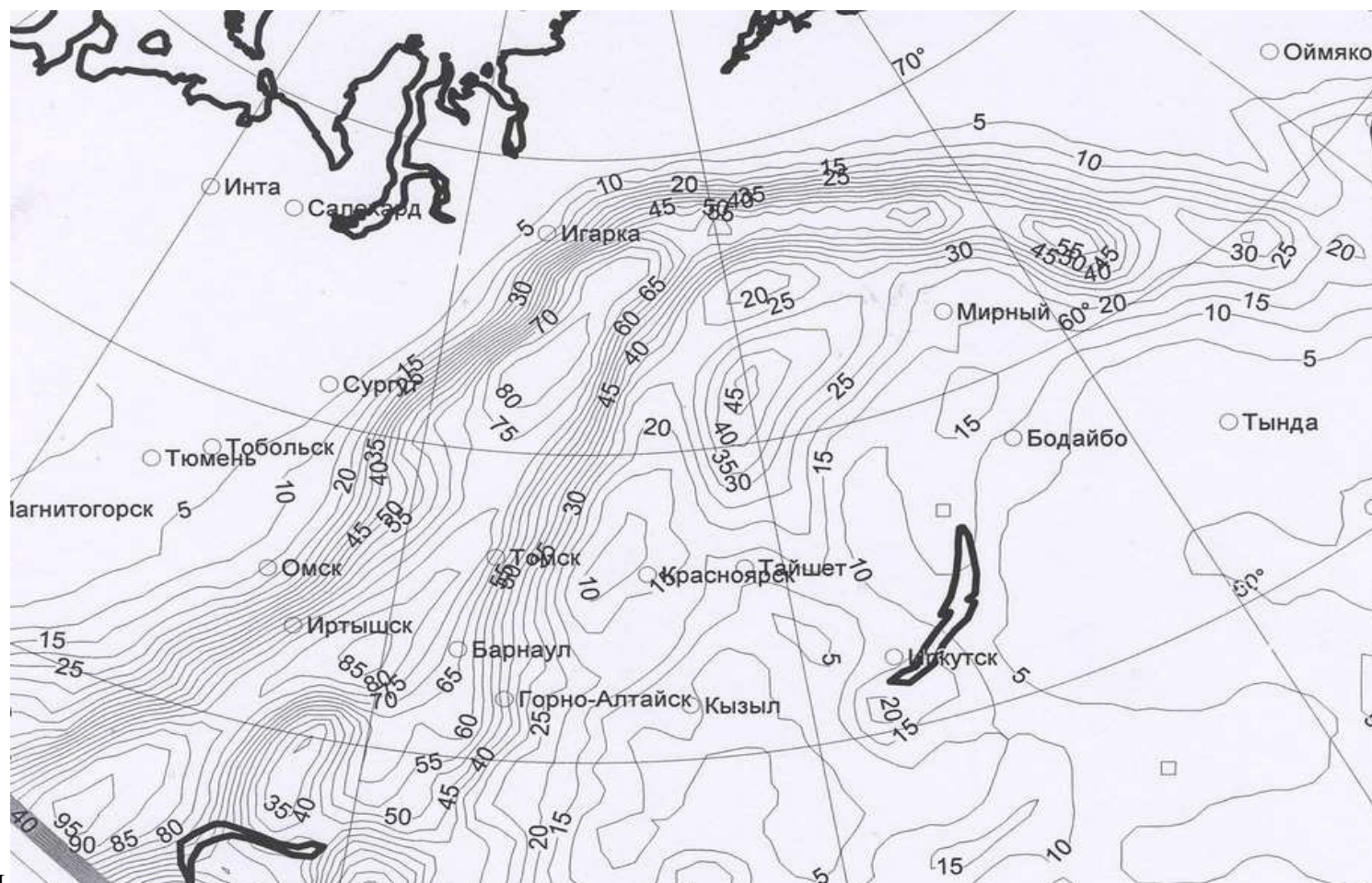
7. Модель гидродинамико-статистического прогноза сильных шквалов и смерчей заблаговременностью 12-36-48ч на основе данных региональной модели ГМЦ РФ

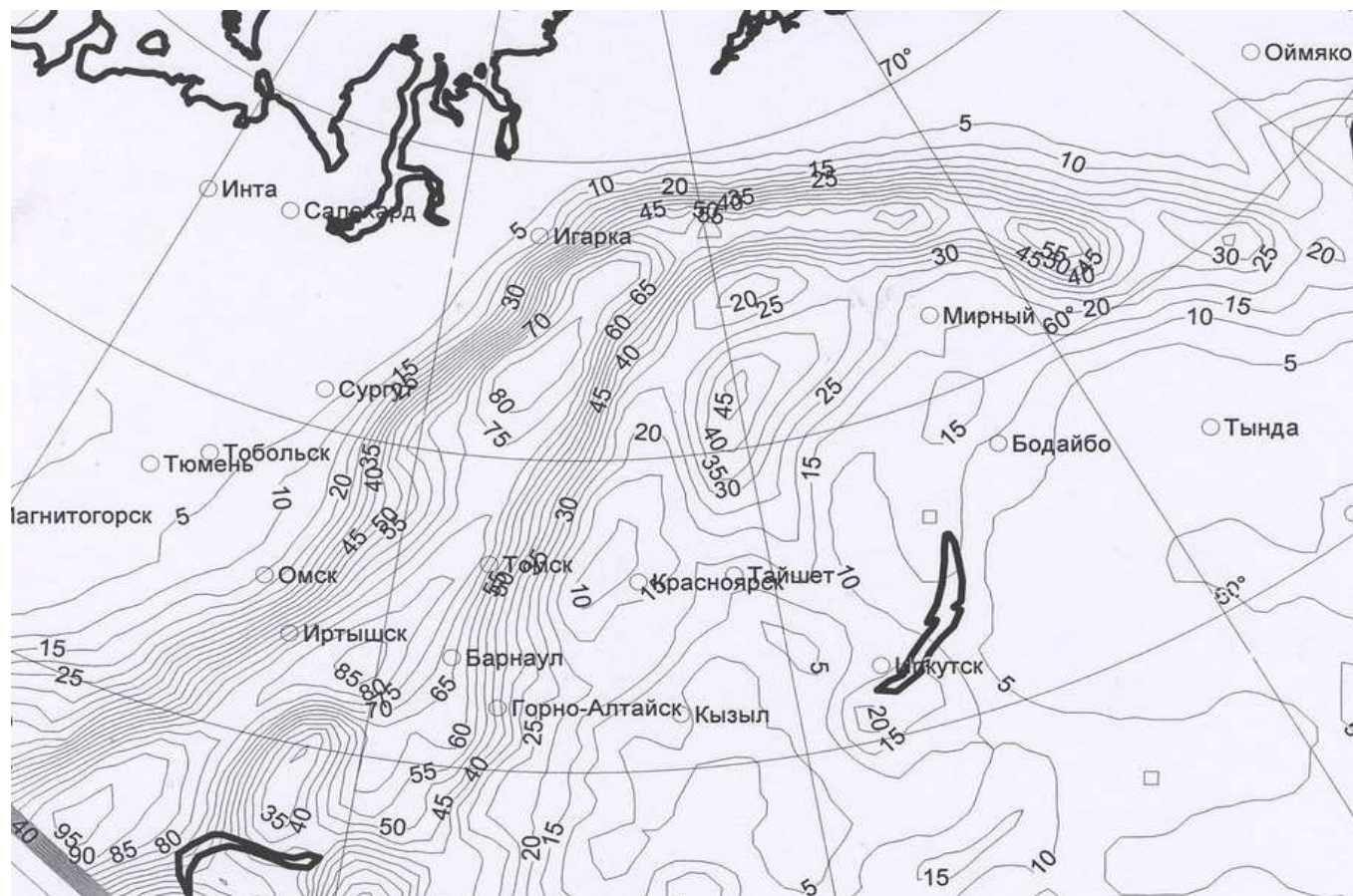
В связи с успешным развитием региональной модели краткосрочного прогноза погоды в сигма-системе координат с горизонтальным разрешением 75x75 км (автор – Лосев В.М.) в 2008-2010гг проводились оперативные ежедневные расчеты для Европейской территории России и для Европы прогноза сильных ветров двух классов по гидродинамико-статистической модели прогноза с использованием выходных прогностических полей (заблаговременностью 12-24-36-48ч) региональной модели Гидрометцентра России, которые оказались достаточно успешными.

В 2010 году с помощью этой адаптированной к территории Сибири модели прогноза каждый день рассчитывались прогнозы сильного и опасного ветра по территории Сибири, включая шквалы и смерчи.

В качестве примеров приводятся прогнозы смерча в Хабаровском крае 3.07.10, штормового ветра в Томске и Новосибирске в течение 22-24.08.10, очень сильного ветра в Красноярском крае даже в сентябре месяце. Большинство прогнозов были удачными. Предупрежденность явлений составила 82%. Ошибка «ложной тревоги» для территории Сибири в 2010 году оказалась несколько больше, чем в 2005 году [8]. Тем не менее, результаты авторских испытаний показали успешность данной модели прогноза, адаптированной для территории Сибири ($T=0,62$).

The forecast of the dangerous wind to 22.08.10 with the earliness 24h

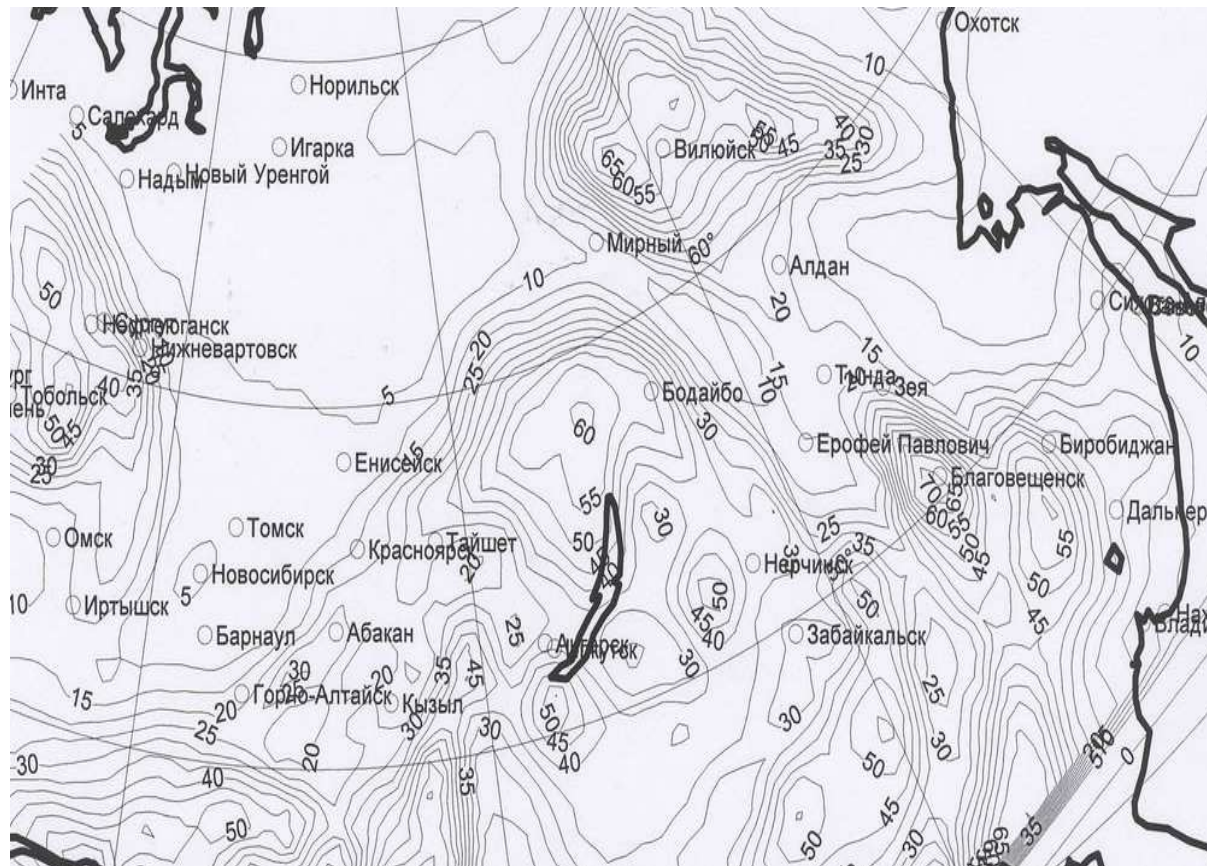




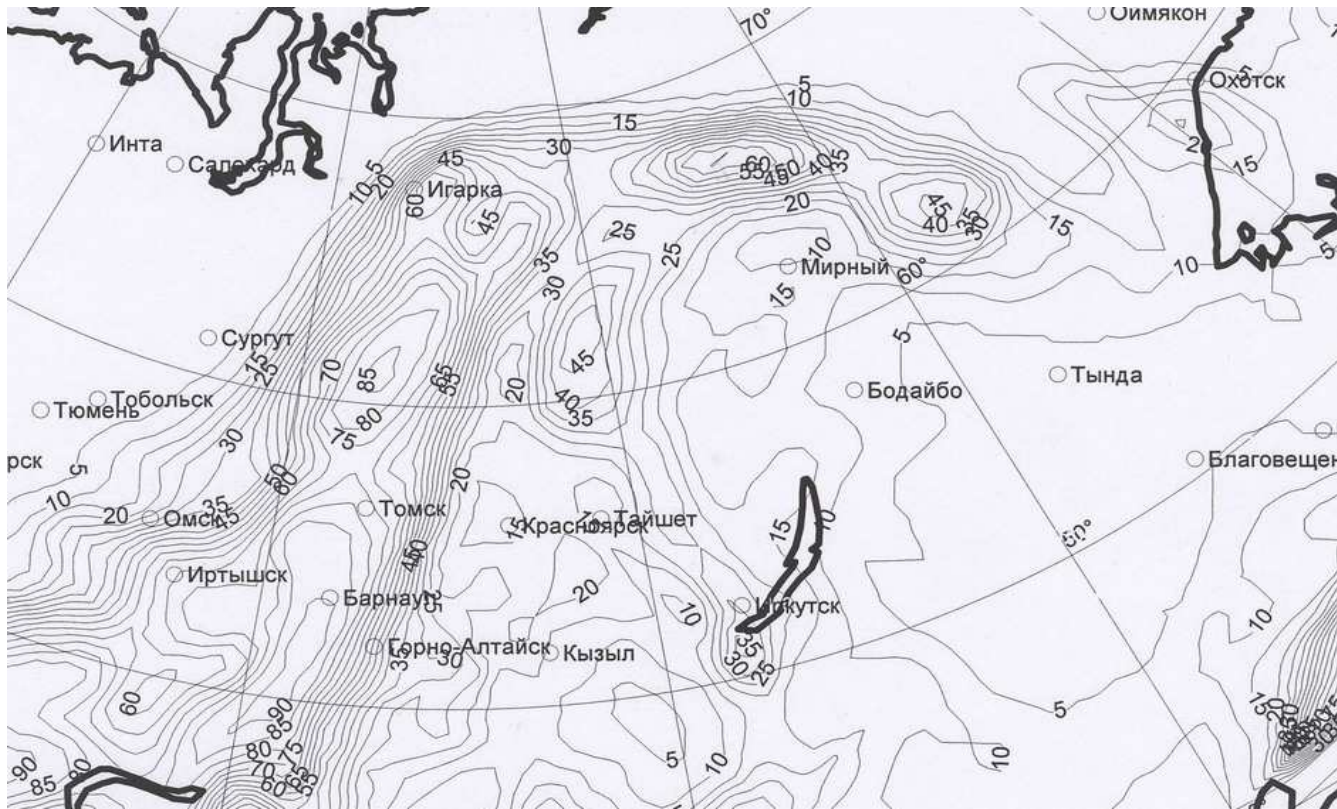
The forecast of the strong wind to 03.07.10. with the earliness 36h

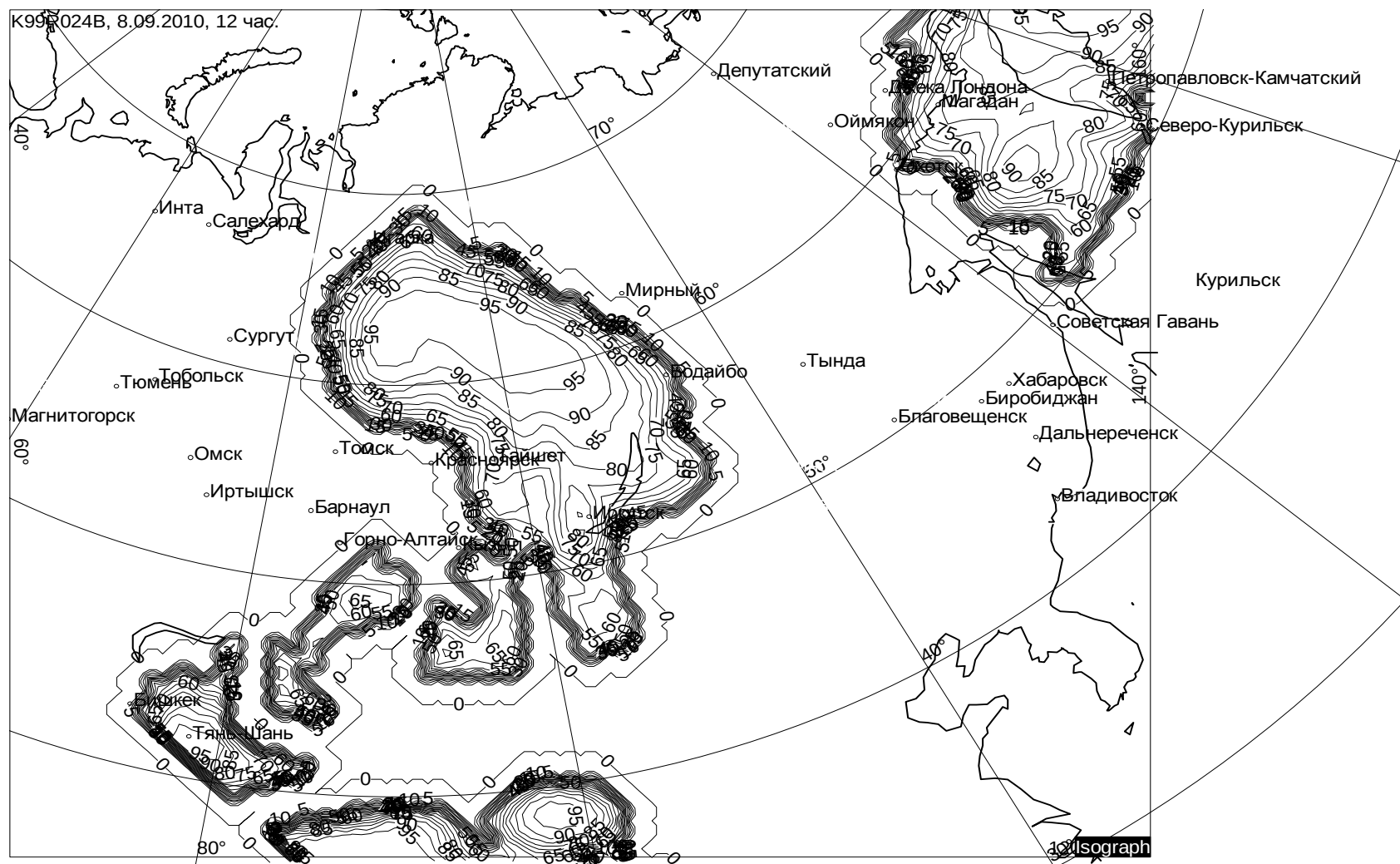


The forecast of the dangerous wind to the current day 03.07.10

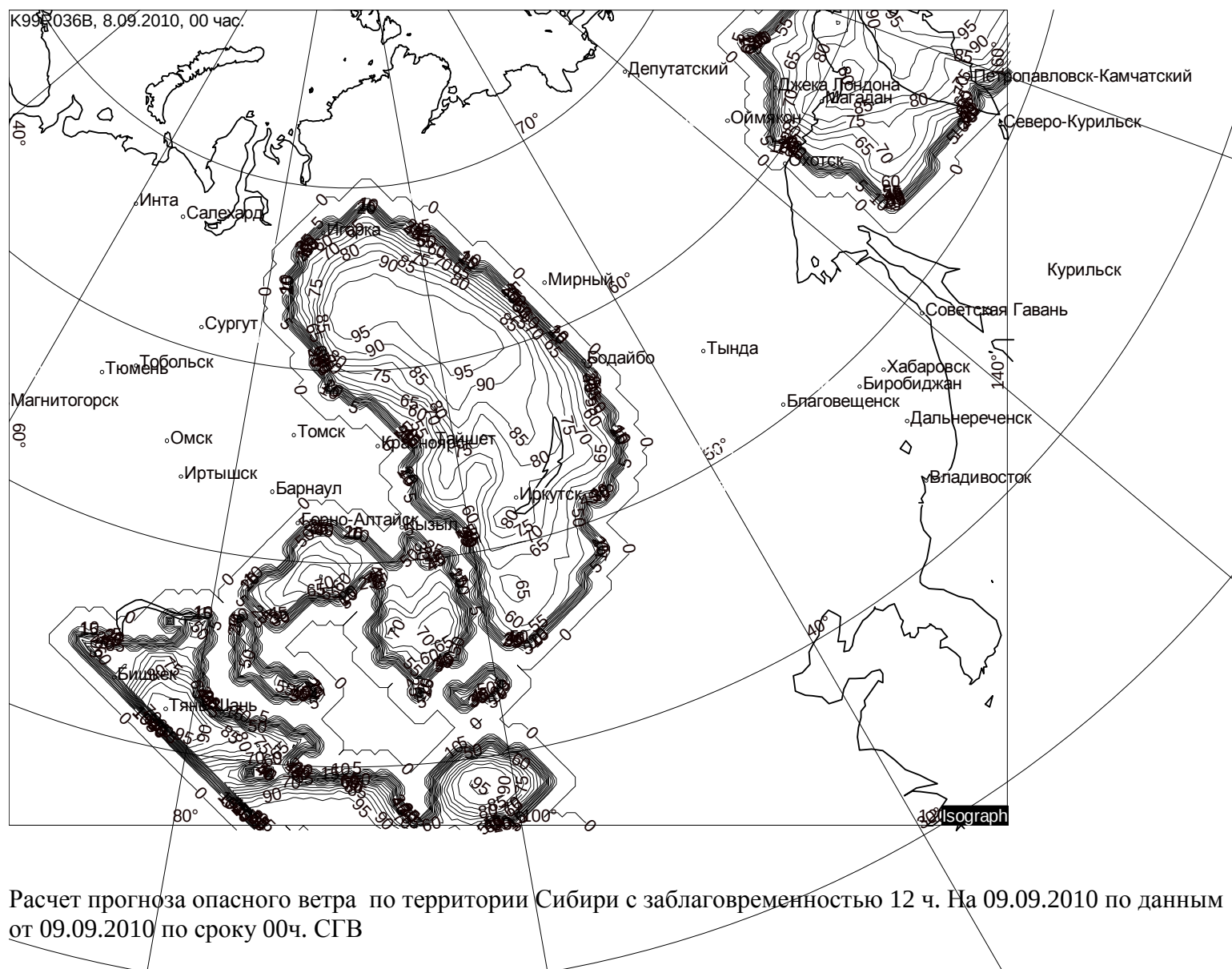


The forecast of the dangerous wind to 22.08.10. with the earliness 36h





Прогноз сильного ветра по территории Сибири на 09.09.10 с заблаговременностью 24 ч.



Выводы

Адаптированная для территории Сибири гидродинамико-статистическая модель прогноза шквалов и опасного ветра, включая смерчи, показала достаточную успешность при использовании выходных данных как полусферной, так и региональной моделей Гидрометцентра России. Это свидетельствует о физически однородных для умеренных широт условиях возникновения сильных и опасных ветров, включая шквалы и смерчи.

Разработанные автором ранее для Европейской территории статистические модели прогноза данных явлений оказались и для территории Сибири устойчивыми относительно использования гидродинамических прогнозов двух оперативных гидродинамических моделей краткосрочного прогноза Гидрометцентра России.

В последующие годы 2011-2012гг. предполагается использование для гидродинамико-статистического прогноза шквалов и смерчей по территории Сибири выходных данных модели WRF (новой версии 3.1) с горизонтальным разрешением 20x20 км для уточнения и локализации прогнозов штормового ветра и очень сильных осадков.

• **References**

- 1. Anderson T. The introduction in the polydimenshial statistical analysis. – Moscow, 1963. - 500 p.
- 2. Perekhodtseva E.V. The forecast of the squalls by the statistic classification methods at the base of the diagnostic and prognostic connections. The proceedings of the Hydrometcenter of USSR, Moscow. – 1985, v. 271, p.37-60
- 3. Vapnik V. N., Chervonenkis L.Ya. The theory of recognition of images. – Moscow, 1974. – 415p.
- 4. Perekhodtseva E.V. The objective physic-statistical method of the forecast of the squalls (with the velocity 20m/s and more) on nowing day for the European territory of Russia. The metodic recommendations.-M.- 1992. – 10p.
- 5. Perekhodtseva E.V. Hydrodynamic-statistical model of forecast to 36h ahead of dangerous convective phenomena –squalls, tornadoes and rainfalls. Research activities in atmospheric and oceanic modeling. 2002, Rep.32, part 2, p.21-23.
- 6. Perekhodtseva E.V., Zolin L.V. The hydrodynamic-statistical forecast and the expert system of the tornadoes forecast on the European part of Russia. The proceedings of the Hydrometcenter of Russia. M.- 2008, v.342.-p.45-54.

- 7. Perekhodtseva E.V. The model of the hydrodynamic-statistical forecast of the strong summer squalls and tornadoes. The proceedings of the 58-th research conference of MIREA. M. – 2009, part 2, p.58-64.
- 8. Perekhodtseva E.V. The automated forecast to 12-36h ahead of storm wind and heavy rainfalls at the territory of Siberia. Abstracts. EGU -2008, April-2008, Wien.
-

Thanks
for your attention

**Спасибо
за внимание**