

*М.Н. Хайкин, Н.В. Ячменева, М.В. Иваницкая, Н.П. Гальшева,  
В.М. Кочегоров, Т.В. Ильина, И.А. Козлова, Л.А. Попова,  
Н.А. Панова, А.Ю. Гольвей*

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЯ МЕТОДА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОГНОЗА НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ДЛЯ РАССЕИВАНИЯ ПРИМЕСЕЙ В Г. ЧЕЛЯБИНСКЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЧИСЛЕННЫХ МОДЕЛЕЙ АТМОСФЕРЫ И ДАННЫХ ПРОФИЛЕМЕРА МТП-5**

### **1. Результаты мониторинга атмосферного воздуха г. Челябинска в 2012 году**

В течение 2012 года наблюдения за загрязнением атмосферного воздуха проводились на 8 стационарных постах в г. Челябинске. Отбор проб осуществлялся на 24 загрязняющих вещества. Уровни высокого (более 10ПДК) и экстремально высокого (более 20ПДК) загрязнения по взвешенным веществам и газовым составляющим не зафиксированы (ПДК – предельно допустимые концентрации).

Уровень загрязнения атмосферного воздуха в Челябинске определяется как очень высокий, ИЗА (индекс загрязнения атмосферы) =15,2. Превышения средних за год концентраций ПДК отмечены в отдельных пунктах наблюдения за загрязнением (ПНЗ) по взвешенным веществам – 1,1ПДК, диоксиду азота – 1,1ПДК, в целом по городу по бензопирену – 3,9ПДК, формальдегиду – 3,3ПДК. Максимальные среднемесячные концентрации отмечались по формальдегиду в теплое время года, бензопирену – в холодное.

**В холодное время года** в среднем по городу превысили предельно допустимый уровень средние за месяц концентрации: формальдегида в 1,7–2,3 раза, диоксида азота – в 1,3–1,5 раза. Среднемесячные концентрации взвешенных веществ, диоксида серы, оксида азота, оксида углерода, фенола, аммиака в среднем по городу не превышали нормативных значений. Максимальные разовые концентрации, превысившие нормативные значения, достигали в январе: оксида углерода – 3,4ПДК<sub>мр</sub>, сероводорода – 2,1ПДК<sub>мр</sub>, оксида азота – 1,8ПДК<sub>мр</sub>, диоксида азота – 1,6ПДК<sub>мр</sub>, фторида водорода – 1,2ПДК<sub>мр</sub>; в феврале: фенола – 1,7ПДК<sub>мр</sub>, взвешенных веществ – 1,4ПДК<sub>мр</sub>, диоксида азота – 1,3ПДК<sub>мр</sub>, оксида углерода – 1,2ПДК<sub>мр</sub>, диоксида азота – 1,3ПДК<sub>мр</sub>, фторида водорода – 1,3ПДК<sub>мр</sub>; в марте: оксида углерода – 1,6ПДК<sub>мр</sub>, фторида водорода – 1,4ПДК<sub>мр</sub>, фенола – 1,3ПДК<sub>мр</sub>, взвешенных веществ – 1,2ПДК<sub>мр</sub>; в ноябре: диоксида азота – 3,3ПДК<sub>мр</sub>, оксида углерода – 2,6ПДК<sub>мр</sub>,

фенола – 1,5ПДК<sub>мр</sub>, оксида азота - 1,3ПДК<sub>мр</sub>, в декабре: сероводорода – 2,0ПДК<sub>мр</sub>, фторида водорода – 1,9ПДК<sub>мр</sub>, оксида углерода – 1,2ПДК<sub>мр</sub>.

**В теплое время года** в среднем по городу превысили предельно допустимый уровень средние за месяц концентрации: формальдегида – в 2,3–6 раз, взвешенных веществ и диоксида азота – в 1,3 раза, фторида водорода – в 1,2 раза. Наиболее высокие концентрации формальдегида отмечались в мае-августе. Среднемесячные концентрации диоксида серы, оксида азота, оксида углерода, фенола, аммиака в среднем по городу не превышали нормативных значений. Максимальные разовые концентрации, превысившие нормативные значения, составили в апреле: взвешенные вещества – 4,2ПДК<sub>мр</sub>, диоксида азота – 1,7ПДК<sub>мр</sub>, формальдегида – 1,3ПДК<sub>мр</sub>, оксида азота – 1,2ПДК<sub>мр</sub>; в мае: взвешенных веществ - 1,8ПДК<sub>мр</sub>, фенола – 1,3ПДК<sub>мр</sub>, формальдегида – 1,3ПДК<sub>мр</sub>; в июне: взвешенные вещества - 6,7ПДК<sub>мр</sub>, формальдегида – 1,5ПДК<sub>мр</sub>, диоксида азота – 1,3ПДК<sub>мр</sub>; в июле: взвешенных веществ – 1,2ПДК<sub>мр</sub>, фенола – 1,2ПДК<sub>мр</sub>, фторида водорода – 1,6 ПДК<sub>мр</sub>; в августе: фторида водорода – 1,8ПДК<sub>мр</sub>, диоксида азота – 1,4ПДК<sub>мр</sub>, взвешенных веществ – 1,2ПДК<sub>мр</sub>, фенола – 1,2ПДК<sub>мр</sub>; в сентябре: сероводорода – 5ПДК<sub>мр</sub>, фторида водорода – 1,5ПДК<sub>мр</sub>, оксида углерода – 1,4ПДК<sub>мр</sub>, фенола – 1,1ПДК<sub>мр</sub>; в октябре: сероводорода – 5,8ПДК<sub>мр</sub>, оксида углерода – 3,6ПДК<sub>мр</sub>, диоксида азота – 1,9ПДК<sub>мр</sub>, формальдегида – 1,4ПДК<sub>мр</sub>, взвешенных веществ – 1,2ПДК<sub>мр</sub>, фторида водорода – 1,1ПДК<sub>мр</sub>, фенола – 1,1ПДК<sub>мр</sub>.

## **2. Метеорологические условия в Челябинске в 2012 году**

Метеорологические условия Челябинска в 2012 году отличались холодной зимой и жарким засушливым летом. Распределение температуры и суммы осадков по месяцам в Челябинске в 2012 г. представлено в табл. 1.

Зима на Южном Урале выдалась холодная, с преобладающим антициклональным типом погоды. В январе и феврале температурный режим наблюдался на 1–4° ниже средних многолетних значений. Количество выпавших осадков было меньше климатической нормы, ветер преобладал слабый переменных направлений, в приземном слое ежедневно наблюдались инверсии. В марте погода изменилась на умеренно-теплую с ветрами южного, юго-западного направлений со скоростью от 3 до 11 м/с, осадков выпало в 2 раза больше нормы.

10 апреля в окрестностях Челябинска полностью сошел снежный покров. По температурному режиму апрель оказался на 6° теплее обычного, во второй половине месяца воздух в дневные часы прогревался до 31°, осадков выпало меньше нормы. В течение месяца

преобладал слабый ветер, часто отмечалась инверсия. Сухая и жаркая погода способствовала возникновению лесных пожаров.

В мае сохранялась сухая и жаркая погода с температурным режимом на 3° выше обычного. Дожди выпадали редко и носили чаще ливневой характер, за месяц выпало всего 35 % климатической нормы. В течение месяца максимальная температура неоднократно повышалась до 29°. Ветер преобладал слабый западного и северо-западного направления. В июне характер погоды не изменился. Среднемесячная температура на 4° превышала норму, максимальная температура достигала 32–34°. Осадков около нормы, но 88 % из них выпали в течение двух дней. Ветер преобладал слабый северного и северо-западного направлений. В июле также сохранялась жаркая погода с кратковременными ливневыми дождями. Температурный режим был на 3° теплее обычного, осадков выпало 30 % от нормы, ветер преобладал слабый неустойчивый. В лесах области резко возросло количество пожаров. В первой половине августа также стояла жаркая и сухая погода. Температура воздуха в дневные часы достигала 36°. Наиболее интенсивные дожди наблюдались во второй и третьей декадах августа. За месяц выпало осадков в 1,5 раза больше обычного, преобладал ветер северных направлений со скоростью 2–5 м/с, в ночные и утренние часы часто отмечался штиль.

В сентябре погода была умеренно-теплой и ветреной. Среднемесячная температура была на 1° выше обычного, осадков выпало 84 % от нормы. Преобладающая скорость ветра составляла 4–9 м/с. Однако октябрь снова оказался на 3° теплее обычного, осадков выпало 80 % месячной нормы, ветер преобладал от юго-западного до северо-западного направления 3–8 м/с, в отдельные дни слабый неустойчивый.

В ноябре из-за частого прохождения атмосферных фронтов преобладала теплая, но сырая и ветреная погода. В декабре резко похолодало, часто отмечались снегопады. Температурный режим оказался на 5° ниже обычного, осадков выпало 170 % от нормы. Ветер преобладал слабый, ежедневно отмечались инверсии.

В целом за год в Челябинске выпало 406 мм осадков, что на 5 % меньше климатической нормы, температурный режим был выше климатической нормы на 1,5° (табл. 1). В течение года отмечалось 278 дней с инверсиями, что достигает 76 % от продолжительности года, средняя скорость ветра за год была всего 2 м/с, количество дней с неблагоприятными метеорологическими условиями (НМУ) по переданным штормовым предупреждениям составило 122.

### **3. Описание метода прогноза НМУ**

#### **Определение НМУ**

Комплексом неблагоприятных метеорологических условий (НМУ) считается сочетание метеорологических факторов, при котором концентрации одной или нескольких примесей не менее чем на двух пунктах сети наблюдений в городе превышают уровень  $0,8\text{ПДК}_{\text{мр}}$  ( $N_{0,8\text{пдк}} \geq 2$ ).

Расчет количества превышений уровня  $0,8\text{ПДК}_{\text{мр}}$  производится по всем пунктам наблюдения за загрязнением, расположенным на территории Челябинска, за три срока наблюдения и для пяти загрязняющих веществ (оксид углерода, двуокись азота, фенол, формальдегид и взвешенные вещества).

#### **Сроки прогноза**

Прогноз НМУ осуществляется на следующие сутки.

#### **Параметры для прогноза НМУ**

Исходными данными для прогноза НМУ являются:

Для срока 6:00:

- вертикальный градиент нижнего 100-метрового слоя атмосферы меньше  $0,1$  град/100м;
- скорость ветра на уровне 925 гПа меньше 10 м/с.

Для срока 18:00:

- вертикальный градиент нижнего 100-метрового слоя атмосферы меньше  $0,1$  град/100м;
- скорость ветра на уровне 925 гПа меньше 10 м/с.

*Дополнительные условия:*

- в день, предыдущий прогнозируемому, величина  $N_{0,8\text{ПДК}} \geq 1$  или наблюдалось положительное изменение (не уменьшение) средней концентрации оксида углерода, рассчитанной по всем ПНЗ за период между сроками 7:00 в день составления прогноза и в 7:00 в день, предшествующий дню составления прогноза;

– если в день, предыдущий дню прогноза, величина  $N_{0,8\text{ПДК}} \geq 3$  и величина вертикального градиента нижнего 100-метрового слоя атмосферы меньше 0,1 град/100м, то скорость ветра на уровне 925 гПа может быть любой.

### Схема алгоритма прогноза НМУ

Схема алгоритма прогноза НМУ показана на рисунке.

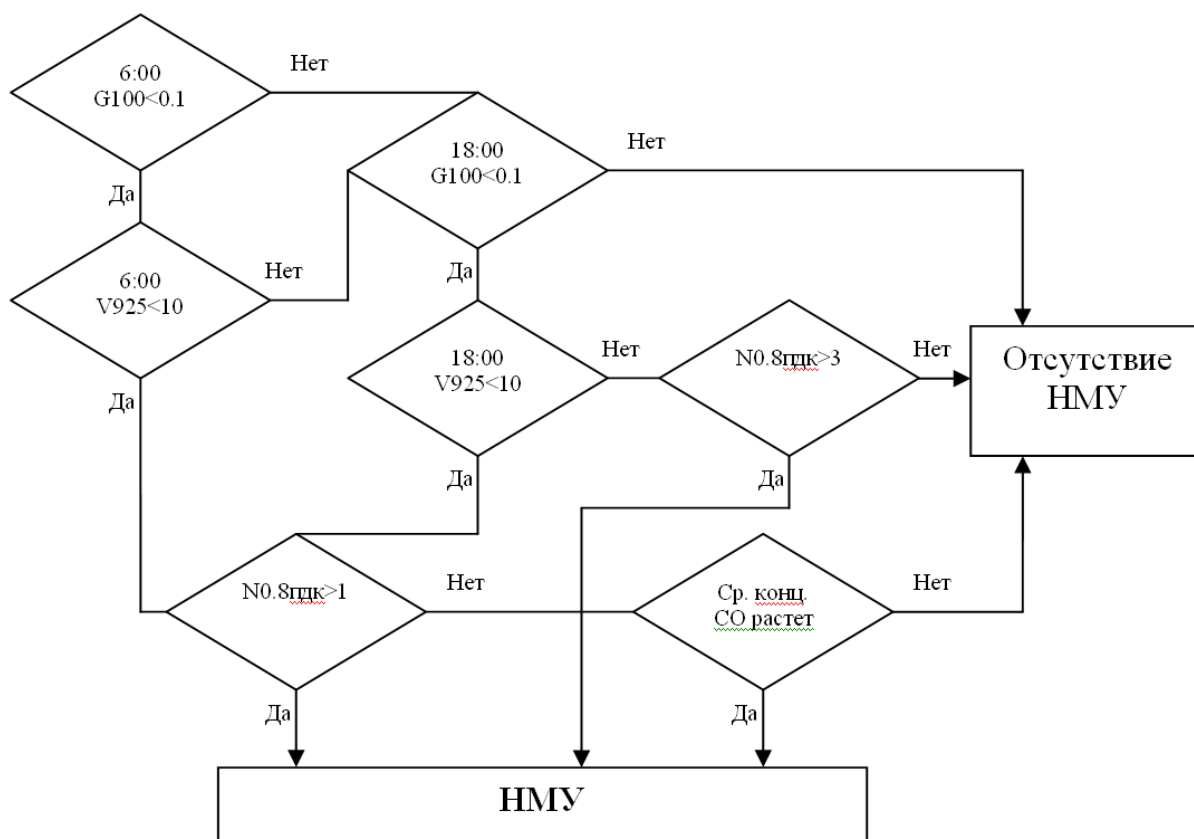


Рис. Схема алгоритма прогноза НМУ.

#### 4. Испытание метода прогноза НМУ в Челябинске в 2012 г.

Для испытания разработанного метода (далее – метод ЦАО) использовались данные ПНЗ Челябинска. Характеристики загрязнения атмосферного воздуха анализировались согласно схеме в оперативном режиме по взвешенным веществам, диоксиду серы, диоксиду азота, оксиду азота, оксиду углерода, фенолу, фториду водорода, аммиаку, сероводороду, формальдегиду. Анализ данных о загрязнении приземного воздуха в 2012 году проводился за период с 19 января по 15 декабря. Прогноз скорости ветра на уровне 925 гПа, градиента температуры в приземном слое рассчитывался на основе параметров атмосферы численной

модели УКМО (Великобритания). Оценка метеоусловий проводилась по данным городской метеостанции Челябинск-город и показателям вертикального температурного профилемера МТП-5. Результаты испытания метода сравнивались с региональными методиками, ранее используемыми в прогностической практике (метод графической регрессии и метод ГГО). В связи с различным подходом в определении НМУ также проводился анализ фактического параметра загрязнения Рфакт и числа дней с превышением  $N 0,8ПДК_{мр}$  в 2 и более раза.

Данные о количестве случаев превышений уровня  $0,8ПДК_{мр}$  по всем пунктам и всем загрязняющим веществам для разных месяцев, а также о количестве превышений Рфакт приведены в табл. 2. Из таблицы видно, что количество превышений  $N 0,8ПДК_{мр}$  в 2012 году почти в 4 раза больше превышений Рфакт (108 и 30 случаев). Количество превышений  $N 0,8ПДК_{мр}$  в теплый период года в 2 раза больше, чем в холодный период. Превышения Рфакт распределяются по месяцам более равномерно (1–3 случая в месяц) и только в октябре наблюдалось 9 случаев превышений, т.е. на фоне сезонного повышения концентраций (в теплое время года) параметр Рфакт обычно не показывает увеличения.

Таблица 2

**Количество случаев превышений уровня  $0,8ПДК_{мр}$  и Рфакт в Челябинске  
по месяцам 2010-2012 гг.**

Месяц	Количество случаев					
	$N 0,8ПДК_{мр} \geq 2$			Рфакт > 0,2		
	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.
Январь		5	2		4	1
Февраль		12	5		5	3
Март		2	4		3	3
Апрель	3	16	11	3	3	1
Май	7	12	10	0	2	4
Июнь	15	15	14	3	16	4
Июль	18	15	12	2	12	2
Август	17	6	18	10	1	2
Сентябрь	11	10	8	0	2	1
Октябрь	15	10	12	4	2	9
Ноябрь		4	5		0	0
Декабрь		6	7		7	0
<b>Всего</b>	86	113	108	22	57	30

По сравнению с 2011 г. количество случаев превышений как  $N 0,8ПДК_{мр}$ , так и Рфакт немного уменьшилось.

В холодный период 2012 года наиболее часто превышение уровня  $0,8\text{ПДК}_{\text{мр}}$  наблюдалось для взвешенных веществ – 19 раз, фторида водорода – 17 раз, оксида углерода – 17 раз и формальдегида – 14 раз. В теплый период наиболее часто наблюдалось превышение формальдегида – 66 раз, фторида водорода – 31 раз и взвешенных веществ – 30 раз.

Для определения качества и надежности метода были проанализированы 178 случаев с необходимым объемом данных для проведения испытания, из них 80 – в холодный период и 98 – в теплый. В течение данного периода с учетом переданных предупреждений о возникновении НМУ в Челябинске наблюдалось 123 случая с  $N_{0,8\text{ПДК}_{\text{мр}}} \geq 2$ , из них 45 в холодный период и 78 в теплый период. Прогнозы НМУ составлялись с заблаговременностью 36 часов. Для сравнения было составлено 178 прогнозов по методам последовательной графической регрессии и ГГО. Исходя из серьезной экологической ситуации, сложившейся в Челябинске с загрязнением атмосферного воздуха, особенно заметной при возникновении НМУ, наибольшее внимание уделялось анализу случаев прогнозов пропущенных НМУ.

Испытание проводилось по разработанной схеме. Характеристики успешности прогнозов представлены в табл. 3.

Таблица 3

**Характеристики оценок надежности прогнозов НМУ по методу ЦАО в 2012 году**

Прогноз исследуемым методом	Наблюдалось		Сумма	Оправдываемость U, %	U+П, %
	с явлением	без явления			
НМУ	N11=78	N12=8	N10=86	Uя=91	Uя+Пя=154
Отсутствие НМУ	N21=45	N22=47	N20=92	Uб/я=51	Uб/я+Пб/я=136
Сумма	N01=123	N02=55	N00=178	U=70	
Предупрежденность П, %	Пя=63	Пб/я=85			
			T=0,47	H=0,41	

Из табл. 3 видно, что количество пропущенных НМУ у исследуемого метода 45, количество ложных случаев – всего 8. Общая оправдываемость метода (U) – 70 %, оправдываемость прогноза явления (Uя) – 91 %, отсутствия (Uб/я) – 51 %. Предупрежденность явления (Пя) всего 63 %. Критерий надежности Багрова H= 0,41, Пирси-Обухова T= 0,47, что тем не менее говорит о достаточной надежности метода.

В методах графической регрессии и ГГО, применяемых для прогноза НМУ в Челябинске, определены отдельные зависимости для теплого и холодного времени года, поэтому испытание предложенного метода также проводилось отдельно для теплого (май–октябрь) и холодного периодов (январь–апрель, ноябрь–декабрь).

**В холодное время** года метод показал достаточно хорошие результаты. Из табл. 4 видно, что наибольшее количество пропущенных случаев НМУ у исследуемого метода –15, у метода графической регрессии – 13, а наименьшее – у метода ГГО – 1.

Проведенный анализ показал, что лишь в одном случае прогноз отсутствия НМУ не оправдался из-за неверного прогноза градиента температуры. В остальных случаях прогноз ожидаемых метеоусловий оправдался, т.е. по градиенту температуры и скорости ветра на 925 гПа НМУ не ожидалось, однако у поверхности земли при этом отмечался слабый ветер неблагоприятного направления, преобладающей синоптической ситуацией был гребень в теплой воздушной массе, но в данной методике при прогнозе НМУ приземные условия не учитываются.

Таблица 4

**Оценка успешности для прогноза НМУ в холодный период года**

Прогноз	Наблюдалось		Сумма
	<b>Метод ЦАО</b>		
	N 0,8ПДК <sub>мр</sub> ≥ 2	N 0,8ПДК <sub>мр</sub> < 2	
НМУ	30	3	33
Без НМУ	15	32	47
Сумма	45	35	80
<b>Метод ГГО</b>			
	Рфакт > 0,2	Рфакт ≤ 0,2	
НМУ	28	16	44
Без НМУ	1	35	36
Сумма	29	51	80
<b>Метод графической регрессии</b>			
	Рфакт > 0,2	Рфакт ≤ 0,2	
НМУ	16	6	22
Без НМУ	13	45	58
Сумма	29	51	80

Общая оправдываемость метода ЦАО в холодный период (U) 78 %, что на уровне используемых методов, оправдываемость прогноза явления (Uя) 91 %, что на 27–18 % даже выше, чем у метода регрессии и метода ГГО (табл. 5). Критерий надежности Багрова у испытываемого метода также выше, чем у метода регрессии. Однако оправдываемость отсутствия явления (Uб/я), предупрежденность наличия явления (Пя) и критерий качества Пирси-Обухова существенно выше у методики ГГО. В целом же все характеристики подтверждают успешность применения метода ЦАО в холодный период года.



Характеристики оценок надежности прогнозов НМУ в холодный период года

Характеристика	Метод ЦАО	Метод ГГО	Метод регрессии
Общая оправдываемость прогноза НМУ (U), %	78	79	76
Оправдываемость НМУ (Uя), %	91	64	73
Оправдываемость без НМУ (Uб/я), %	68	97	78
Предупрежденность НМУ (Пя), %	67	96	55
Предупрежденность без НМУ (Пб/я), %	91	67	88
Критерий Пирси-Обухова (Т)	0,58	0,65	0,43
Критерий Багрова (Н)	0,57	0,59	0,46

В теплый период метод показал себя не так хорошо. Количество пропущенных НМУ у метода ЦАО увеличилось до 30 случаев, а у метода графической регрессии уменьшилось до 1 случая (табл. 6). Анализ фактических метеоусловий показал, что лишь 3 случая из 12 не оправдались из-за неудачных прогнозов скорости ветра (2 случая) и градиента температуры (1 случай). В остальных случаях, также же, как и в холодный период, у поверхности земли наблюдался слабый ветер неблагоприятного направления, в 10 случаях из 12 наблюдалось малоградиентное поле в теплой воздушной массе.

Таблица 6

Оценка успешности для прогноза НМУ в теплый период года

Прогноз	Наблюдалось		Сумма
	Метод ЦАО		
	N 0,8ПДК <sub>мр</sub> ≥ 2	N 0,8ПДК <sub>мр</sub> < 2	
НМУ	48	5	53
Без НМУ	30	15	45
Сумма	78	20	98
	Метод ГГО		
	Рфакт > 0.2	Рфакт ≤ 0.2	
НМУ	41	28	69
Без НМУ	2	26	28
Сумма	43	54	97
	Метод графической регрессии		
	Рфакт > 0,2	Рфакт ≤ 0,2	
НМУ	42	22	64
Без НМУ	1	33	34
Сумма	43	55	98

В теплый период не только увеличилось количество пропущенных НМУ, но и ухудшилось большинство других характеристик надежности прогнозов (табл. 7). Критерий

надежности Багрова (Н) снизился до 0,25, что говорит о низкой надежности прогноза. Критерий качества (Т) также понизился до 0,37, т.е. и качество прогноза неудовлетворительное.

Общая оправдываемость метода ЦАО (U%) составила 64 %, что ниже используемых методов. Оправдываемость прогноза явления (Uя) 90 %, что на 32–24 % выше, чем у метода регрессии и метода ГГО, однако оправдываемость отсутствия явления (Uб/я) ниже на 60–63 %, в результате предупреденность наличия явления (Пя) на 33–36 % ниже метода регрессии и метода ГГО. Критерий надежности Багрова и критерий качества Пирси-Обухова у региональных методов выше, чем у метода ЦАО.

Таблица 7

**Характеристики оценок надежности прогнозов НМУ в теплый период года**

<b>Характеристика</b>	<b>Метод ЦАО</b>	<b>Метод ГГО</b>	<b>Метод регрессии</b>
Общая оправдываемость прогноза НМУ (U), %	64	68	76
Оправдываемость НМУ (Uя), %	90	58	66
Оправдываемость без НМУ (Uб/я), %	33	93	97
Предупрежденность НМУ (Пя), %	62	95	98
Предупрежденность без НМУ (Пб/я), %	75	48	60
Критерий Пирси-Обухова (Т)	0,37	0,47	0,58
Критерий Багрова (Н)	0,25	0,46	0,49

**Выводы**

1. В 2012 году уровень загрязнения атмосферного воздуха в г. Челябинске определяется как очень высокий. Максимально разовые концентрации загрязняющих веществ в холодное время года в отдельные дни превышали предельно допустимый уровень в 1,2–3,4, в теплое время года – в 1,3–6,7 раза. Максимальные среднемесячные концентрации отмечались по формальдегиду в теплое время года, бензопирену – в холодное.

2. Метеорологические условия 2012 года характеризуются повышенной повторяемостью НМУ. В течение года отмечалось 278 дней с инверсиями, что достигает 76 % от продолжительности года, средняя скорость ветра за год была 2 м/с, количество дней с НМУ по переданным штормовым предупреждениям составило 122.

3. Количество эпизодов с превышениями 0,8 максимально разовых ПДК в 2012 году было почти в 4 раза больше превышений комплексного параметра загрязнения Рфакт, т.е. на фоне повышенного загрязнения, наблюдающегося в Челябинске в теплое время года за счет

превышений по формальдегиду, комплексный параметр загрязнения не отражает в полной мере экологическую ситуацию.

4. Испытание разработанного метода прогноза НМУ с использованием данных численной модели из ГИС-МЕТЕО (коды GRIB), проведенное в 2012 г. на базе Челябинского ЦГМС, с учетом переданных предупреждений о возникновении НМУ показало, что разработанный метод прогноза НМУ в целом за год имеет удовлетворительные характеристики:

- общая оправдываемость прогноза НМУ – 70 %;
- предупрежденность НМУ – 63 %;
- надежность по критерию Багрова – 0,47;
- критерий качества Пирси-Обухова – 0,41;
- суммарный показатель (Уя+Пя) – 154 %;
- суммарный показатель (Уб/я+Пб/я) – 136 %.

5. В холодное время года по результатам испытания метод показал удовлетворительное качество прогнозов НМУ:

- общая оправдываемость прогноза НМУ – 78 %;
- предупрежденность НМУ – 67 %;
- критерий качества Пирси-Обухова – 0,57;
- критерий надежности Багрова – 0,58;
- суммарный показатель (Уя+Пя) – 158 %;
- суммарный показатель (Уб/я+Пб/я) – 159 %.

6. В теплое время года по результатам испытания метод показал низкое качество прогнозов НМУ:

- общая оправдываемость прогноза НМУ – 64 %;
- предупрежденность НМУ – 62 %;
- критерий качества Пирси-Обухова – 0,25;
- критерий надежности Багрова – 0,37;
- суммарный показатель (Уя+Пя) – 152 %;
- суммарный показатель (Уб/я+Пб/я) – 108 %.

7. К достоинствам метода можно отнести качественно иной подход определения НМУ. Превышение уровня  $0,8\text{ПДК}_{\text{мр}}$  более полно отражает экологическую ситуацию загрязнения атмосферного воздуха в Челябинске и показывает необходимость повышенного количества предупреждений о возникновении НМУ.

8. К недостаткам метода можно отнести большое количество пропусков НМУ в теплое время года и невозможность определения степени предупреждения НМУ.

## Рекомендации

Учитывая удовлетворительные оценки успешности метода ЦАО в холодный период года, Технический совет ФГБУ «Уральское УГМС» 6 марта 2013 г. принял решение: внедрить «Автоматизированный прогноз неблагоприятных метеорологических условий для рассеивания примесей в г. Челябинске с использованием численных моделей атмосферы и данных профилемера МТП-5» в оперативную практику при прогнозе НМУ в холодное время года как дополнительный к уже применяющимся методам.

## Список литературы

1. Разработка метода автоматизированного прогноза неблагоприятных метеорологических условий для рассеивания примесей в г. Челябинске с использованием численных моделей атмосферы и данных профилемера МТП-5: отчет о НИР. Челябинск, 2011. – 23 с.
2. РД 52.04.306-92. Руководство по прогнозу загрязнения воздуха. – 104 с.
3. РД 52.27.284-91. Методические указания. Проведение производственных (оперативных) испытаний новых и усовершенствованных методов гидрометеорологических и гелиогеофизических прогнозов. – 150 с.

Таблица 1

## Распределение температуры и суммы осадков по месяцам в Челябинске в 2012 г.

Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Норма температуры, °С	-15,1	-13,8	-6,9	4,1	11,9	17,2	18,7	16,3	10,8	2,8	-6,1	-12,6	2,3
Температура 2012 г., °С	-16,0	-17,8	-6,2	9,9	14,9	20,8	22,7	19,3	11,8	6,3	-2,7	-17,4	3,8
Аномалия температуры, °С	-0,9	-4,0	0,7	5,8	3,0	3,6	4,0	3,0	1,0	3,5	3,4	-4,8	1,5
Норма осадков, мм	17	15	16	24	40	58	80	59	37	35	24	22	427
Сумма осадков 2012 г., мм	9	6	33	18	14	58	30	85	31	28	56	38	406
Кол-во выпавших осадков по отношению к норме, %	53	40	206	75	35	100	38	144	84	80	233	158	95
Инверсии, кол-во дней	30	28	31	25	22	18	21	21	18	16	17	31	278
Инверсии, час	676	*	223	218	133	106	106	130	164	182	195	682	*
НМУ (I/II степень), кол-во дней	13/2	12/1	8	9	9	13	13/1	11	4	8/1	4	13	122

Примечание: \* – неполные данные/