

Министерство природных ресурсов и экологии  
Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды  
(Росгидромет)  
ГОСУДАРСТВЕННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «СИБИРСКИЙ РЕГИОНАЛЬНЫЙ  
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ»  
(ГУ «СибНИГМИ»)

УДК 551.509.1/5  
№ госрегистрации 01200964776  
Инв. №091125111300

УТВЕРЖДАЮ

Директор

ГУ «СибНИГМИ»

доктор физ-мат. наук

В.Н.Крупчатников

11 марта 2012 г.



## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Технология оперативного прогноза уровня загрязнения воздуха по территории  
г. Новосибирска на 1-3 суток  
по теме 8.81

«Разработать технологию оперативного прогноза уровня загрязнения воздуха по территории г. Новосибирска на 1-3 суток с использованием данных зондирования пограничного слоя»

Научный руководитель темы  
зав. ОИиНИТ СибНИГМИ

В.М.Токарев

Новосибирск 2012

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Постановка задачи .....	3
2. Методика исследования .....	4
3. Исходная информация.....	6
4. Анализ данных .....	9
5. Автоматизированная технология прогноза .....	12
6. Основные результаты оперативно-производственных испытаний.....	15
7. Практические рекомендации .....	18
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	23

## 1. Постановка задачи

Условия задачи продиктованы действующим регламентом работы Новосибирского ЦМС, который предусматривает прогноз уровней загрязнения атмосферы по превышению ПДК любого из контролируемых компонентов на одном или более постах наблюдений. Метеорологические условия, влияющие на накопление и рассеивание примесей у поверхности земли, сравнительно хорошо изучены. Используемый на юго-востоке Западной Сибири краткосрочный метод прогноза загрязнения базируется на расчете эмпирического коэффициента рассеяния, разработанного И.А.Шевчук [1]. Предложенный коэффициент отражает связь загрязнения воздуха со структурой барического поля у земли и на АТ-850 и стратификацией температуры в слое земля - АТ-850. В Новосибирском ЦМС назрела необходимость автоматизировать методические расчеты прогнозов загрязнения и увеличить их заблаговременность. Для увеличения срока прогнозов целесообразно строить автоматизированный метод на основе модельной продукции из ведущих метеорологических центров, предоставляющих качественные термобарические метеополы на сроки до пяти суток.

При построении прогностического алгоритма следует учесть, что детальные связи концентраций примесей различной природы с погодой не столь очевидны, поскольку, во-первых, условия погоды сами по себе не генерируют примеси, а только способствуют или препятствуют их рассеянию, во-вторых, пространственные масштабы загрязнений мегаполиса и синоптических процессов отличаются на 1-2 порядка.

Таким образом, задача прогноза уровней загрязнения должна сводиться к анализу и прогнозу сложного комплексного показателя, который заведомо не определяется полностью условиями погоды и их динамикой, а прогноз более, чем на сутки, еще и ограничивается пространственно-временным разрешением гидродинамических сеток продукции доступных оперативных вычислительных схем. В частности, нет возможности напрямую использовать характеристики термодинамической устойчивости отвечающей за рассеивание примесей нижнего слоя атмосферы.

## 2. Методика исследования

Исходя из постановки задачи, методика должна предусматривать разделение, по возможности, факторов метеорологических и всех прочих, не являющихся объектом исследования. Априорные сценарии формирования уровней загрязнения могут включать следующие варианты:

- источники (выбросы): точечные/площадные, разовые/серийные/постоянные;
- рассеяние: окисление/вымывание/оседание/подъем/перенос.

Очевидно, относительно адекватную статистическую модель можно построить лишь для множества мелких и постоянных источников примесей, например, автотранспорта, а нерегулярные залповые выбросы будут вносить шум и препятствовать статистическому обучению.

Классические условия для применимости обычных статистических методов (стационарность, эргодичность, непрерывность) заведомо не выполняются, что и будет подтверждено графическим анализом измеряемых данных загрязнения и численными оценками условных вероятностных оценок из теории дисперсионной идентификации[2,3].

Следующая методическая часть работы предполагает построение подходящей статистической модели для прогноза (не)благоприятных условий погоды и связанных с ними случаев превышения пороговых значений концентрации примесей. Это задача дискриминации или распознавания образов. Учитывая многомерность данных как предиктора, так и предиктанта, будем использовать вариант алгоритма построения логического дерева решений [4] с уточненным критерием разделения ветвей [6]. Предикторами будут прогностические значения параметров глобальной гидродинамической модели УКМО и их физически обоснованные комбинации. Статистическое обучение с нулевой заблаговременностью. Поскольку формированию уровней концентрации примесей способствуют не только метеорологические факторы, не будем, по-возможности, пропускать на обучение точечные данные превышений уровней ПДК. Условие подтверждения превышения еще хотя бы на одном посту должно ослабить влияние точечных выбросов, и уменьшить статистический шум.

Для дополнительной оценки метеорологических условий, (не)способствующих повышению уровня загрязнения построены решающие правила для распознавания термодинамической (не)устойчивости, где в качестве предиктантов рассчитаны параметры пограничного слоя по данным радиозондов с особыми точками за 5 лет. В списке параметров - толщина и мощность слоя инверсии, градиенты и число  $Ri$  в нижнем 500-метровом слое.

Технология прогноза предусматривает программное обеспечение выборки в автоматическом режиме модельных данных GRIB, расчет прогноза и выдачу результата в канал связи для доставки пользователям.

### 3. Исходная информация

#### 3.1 Архивы предиктантов

Исходной информацией для анализа и построения статистических моделей прогноза послужили архивные данные наблюдений ЦМС Новосибирск за 2005-2008гг и синхронные данные GRIB по глобальной модели UKMO (Экзетер). Данные мониторинга среды составлены из наблюдений по 10 городским постам.

Контролируемые примеси и соответствующие им значения предельно допустимых концентраций (ПДК) представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Типы базовых примесей

Примесь	ПДК (мг/м <sup>3</sup> )
Взвешанные вещества (пыль)	0,500
Диоксид серы (SO <sub>2</sub> )	0,500
Оксид углерода (CO)	5,000
Диоксид азота (NO <sub>2</sub> )	0,200
Оксид азота (NO)	0,400
Сероводород (H <sub>2</sub> S)	0,008
Фенол (C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH)	0,010
Сажа	0,150
Фтористый водород (HF)	0,020
Аммиак (NH <sub>3</sub> )	0.200
Формальдегид (CH <sub>2</sub> O)	0,035

Важной оценкой рассеяния или накопления примесей в воздушной среде по метеорологическим условиям являются характеристики термодинамической устойчивости атмосферы (таблица 3.2), классы которых будут также прогнозироваться в данном подходе. В качестве предиктантов при этом выступают их значения по фактическим радиозондам за идентичный период 2005-2008 годов.

Таблица 3.2 – Предиктанты по радиозондам:

dHinv	толщина(м) слоя инверсии
dTinv	мощность(град) слоя инверсии
dTinv/dz	средний градиент(град/м) слоя инверсии
RiHinv	число Ri в слое инверсии

dT500/dz	средний градиент(град/м) в 500 метровом слое
Ri500m	число Ri в 500 метровом слое

Число Ричардсона вычисляется как:

$$Ri = (g/T_{\text{сред}}) * (\partial T / \partial Z + \gamma_a) / (\partial U / \partial Z)^2 \approx (g/T_{\text{сред}}) * (\partial T / \partial Z) / (\partial U / \partial Z)^2 \quad (3.1)$$

### 3.2 Архивы метеополей в коде GRIB

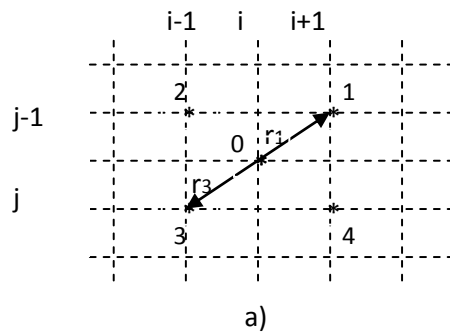
Для накопления архивов использованы модельные выпуски схемы UKMO (Экзетер), которая предоставляет более широкий список выходных элементов по сравнению с глобальной моделью ECMF. Модельные данные представлены в узлах географической сетки  $2,5^0 * 2,5^0$ . Пространственный сектор рассматриваемых данных для каждой станции региона составляет по 2 узла (примерно по 600 км) в каждую сторону света от центрального узла, определенного по минимальному расстоянию до станции в соответствии с рисунком 1. Решающие правила построены на полях объективных анализов модели.

В качестве исходных параметров-предсказателей используются как непосредственно модельные данные метеоэлементов, так и их расчетные производные: лапласианы, градиенты, тенденции (таблица 3.3).

Таблица 3.3– Исходные параметры-предсказатели

Номер параметра		Обозначение параметра	Параметр (единицы измерения)
Срок 00	срок 12		
1	18	H500	геопотенциал на уровне AT500 (Дам)
2	19	H700	геопотенциал на уровне AT700 (Дам)
3	20	H850	геопотенциал на уровне AT850 (Дам)
4	21	P89	давление на уровне моря (гПа)
5	22	R700	влажность воздуха на уровне AT700 (%)
6	23	T700	температура воздуха на уровне AT700 (°C)
7	24	T850	температура воздуха на уровне AT850 (°C)

8	25	T98	температура воздуха на уровне станции (°C)
9	26	LH500	лапласиан геопотенциала на уровне АТ500 (Дам/100км)
10	27	GH500	градиент геопотенциала на уровне АТ500 (Дам/100км)
11	28	TH500	суточное изменение геопотенциала на уровне АТ500 (Дам)
12	29	LP89	лапласиан давления на уровне моря (гПа/100км)
13	30	GP89	градиент давления на уровне моря (гПа/100км)
14	31	TP89	суточное изменение давления на уровне моря (гПа)
15	32	LT850	лапласиан температуры воздуха на уровне АТ850 (°C/100км)
16	33	GT850	градиент температуры воздуха на уровне АТ850 (°C/100км)
17	34	TT850	суточное изменение температуры воздуха на уровне АТ850 (°C)
36	37	$\gamma_T = T98 - T850$	Вертикальный градиент температуры (°C)
38	39	VV	Скорость ветра у земли (м/с)





#### 4. Анализ данных

Данные наблюдений ЦМС имеют особенности, осложняющие применение классического статистического анализа. Многомерная по своей сути матрица наблюдений (годы, дни, сроки, посты, примеси) очень неоднородна. Все временные ряды прерываются в выходные дни, а список примесей по постам колеблется от 1 до 11 компонентов. Имеются и нерегулярные пропуски.

Первый этап методики - разведочный анализ данных, включающий графическое представление многомерных временных рядов для предварительной оценки стационарности, эргодичности, непрерывности и полноты данных и численные оценки условных вероятностных оценок из теории дисперсионной идентификации [2].

Синхронные по постам графики многолетних наблюдений отдельных примесей показывают:

- трендовая составляющая выражена у части примесей (окись углерода, окись и двуокись азота, пыль, сажа, формальдегид), но ее нелинейность и даже отсутствие монотонности не позволяют уверенно строить модель прогноза-экстраполяции даже на 1 год вперед; можно лишь констатировать уменьшение концентраций сажи, связанное с переводом котельных с угля на газ и объяснимый рост концентраций примесей, связанных с увеличением парка автотранспорта;

- синхронность концентраций в пределах территории мегаполиса (посты) слабая и неустойчивая (кроме окислов азота);

- сезонность выражена слабее, чем можно было бы ожидать;

- мощность кратковременных нерегулярных всплесков концентраций многократно превышает регулярную динамику типа тренда или сезонности.

Синхронные годовые графики концентраций со сглаживанием ас-сплайнами (фильтрация высоких частот) подтверждают приведенные выводы, наглядно показывая неустойчивость потенциальных аппроксимаций трендов и сезонности, а также существенные различия динамики концентраций как по площади мегаполиса, так и по видам примесей.

Проведенный подробный анализ данных, приведенный в заключительном отчете по теме, показывает, что несмотря на некоторую схожесть сглаженных временных рядов концентраций примесей со спектром синоптического масштаба (3-10 дней) синхронность по территории города почти отсутствует, а высокочастотная составляющая (1-2дня) колебаний преобладает. Это означает, что метеорологические факторы не являются определяющими для колебаний концентрации примесей, и выявление статистических связей с выходом на прогноз является чрезвычайно сложной задачей. В терминах цифровой обработки сигналов

это задача выделения слабого сигнала на фоне сильного шума. А по условиям нашей задачи это еще и многокомпонентный сигнал (набор примесей различной природы).

Теперь можно перейти к численным оценкам возможных пространственных и временных закономерностей в матрице данных. Пока только очевидно, что такие закономерности (если они значимы) неустойчивы и трудноуловимы.

Рассмотрим сводные данные вычислений компонентов дисперсии (2.1, 2.2) концентраций примесей по пространственно-временным координатам (посты, годы, сезоны), приведенные в таблице 4.1. Трендовый и сезонный фактор вычислялись отдельно для максимумов ("выброс") и минимумов ("фон") по городу.

Таблица 4.1 - Компоненты дисперсионной идентификации концентрации примесей по пространственно-временным осям матрицы данных

	по городу					посты		Тренд		сезонность	
	макс	мин	сред	Дисп		DM(Y/X)	DM(Y/X)/DY	DM(Y/X)/DY	DM(Y/X)/DY	DM(Y/X)/DY	DM(Y/X)/DY
	MY	MY	MY	DY	N			выброс	фон	выброс	фон
							%	%	%	%	%
пыль	0.55405	0.12934	0.30519	0.04998	10	0.00293	5.86	2.71	2.24	6.95	13.96
SO <sub>2</sub>	0.01860	0.00136	0.00782	0.00026	6	0.00001	6.18	8.42	5.07	22.53	13.32
CO	4.78524	1.28747	2.58200	4.07565	10	0.27580	6.76	11.38	0.25	2.46	19.45
NO <sub>2</sub>	0.16659	0.03972	0.09193	0.00533	10	0.00030	5.66	12.62	53.07	2.62	0.61
NO	0.08238	0.02959	0.05714	0.00274	7	0.00066	24.32	37.35	51.67	1.80	0.85
H <sub>2</sub> S	0.00046	0.00046	0.00046	0.00000	1	0.00000	0.00	5.05	5.05	0.46	0.46
C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH	0.00740	0.00124	0.00415	0.00004	3	0.00000	0.47	11.80	10.21	0.42	0.37
Сажа	0.09714	0.00164	0.03330	0.00527	10	0.00038	7.38	0.67	4.26	7.49	9.87
HF	0.00763	0.00763	0.00760	0.00008	1	0.00000	0.00	1.49	1.49	3.21	3.21
NH <sub>3</sub>	0.13945	0.02303	0.07739	0.01305	3	0.00067	5.17	5.27	1.27	2.20	1.90
CH <sub>2</sub> O	0.02357	0.00734	0.01525	0.00018	6	0.00001	10.65	21.87	52.55	0.47	0.86

Доля дисперсии за счет пространственных различий (посты) максимальна для окиси азота и объясняет четверть мощности колебаний. У фенола пространственные различия незначительны (менее 1%), остальные примеси укладываются в интервал 5-10% (по фтористому водороду и сероводороду данные только по одному посту).

Трендовая компонента (межгодовые различия) является доминирующей (более 50%) для "фоновых" концентраций окислов азота и формальдегида и весьма значительной (20-40%) для максимумов по городу окиси азота и формальдегида. Незначительный тренд отмечен для пыли и фтористого водорода, а для остальных примесей составляет 5-10%.

Сезонность четко выражена у окиси углерода, двуокиси серы, а также пыли ("фон") и в меньшей степени сажи. Остальные примеси почти не подвержены сезонности, а значит, не связаны с ТЭК.

Очевидно, что повышенная зависимость концентраций от места (поста) и года наблюдений (тренд) негативно отразится на статистическом обучении, представляя собой "шум", не имеющий отношения к погоде.

## 5. Автоматизированная технология прогноза

Прогностический метод основан на алгоритме распознавания образов путем построения логических деревьев (DW-алгоритм). Ключевым параметром в данном подходе является критерий разделения ветвей дерева. Используя различные варианты критерия, можно получать различные решающие правила, в том числе настроенные на распознавание маловероятных событий для сильно асимметричной обучающей выборки. В данном случае, вероятности превышения ПДК много меньше 0.5.

С учетом выполненного выше анализа исходных данных для обучения, по возможности, использовались случаи превышения ПДК на двух и более постах наблюдений одновременно, чтобы минимизировать влияние локальных превышений уровня в пользу площадных, которые более определенно связаны с условиями погоды, а не только с источником выброса. Таким образом были построены решающие правила по всем примесям, которые имели значимое число случаев превышения ПДК.

Обобщенный анализ полученных решающих правил приведен в таблице 5.1. Хорошо просматривается большая группа примесей, реагирующих на влажность воздуха. Очевидно, что высокая влажность механически или химически связывает эти примеси и снижает концентрацию. Скорость ветра у земли, вопреки ожиданиям, не пробилась в лидеры. Градиент давления у земли при реанализе, видимо, лучше представляется в виде поля, и для двух примесей выбирается алгоритмом. Градиент температуры в пограничном слое ожидаемо хорошо работает на концентрацию половины примесей, причем для аммиака, в отличие от других компонентов, связь обратная – термическая устойчивость снижает концентрацию. Возможно, это связано с расстоянием от источника до ближайшего поста наблюдения. Высота поверхности H500 хорошо представлена в деревьях, скорее всего, благодаря четкому годовому ходу, эмулируя тем самым признак сезона года. Следует учитывать, что полученные связи достаточно тонкие и не обязательно устойчивые, но другие алгоритмы (типа регрессии) вообще в данной ситуации неприменимы.

Выбор пороговых вероятностей для сведения прогноза к детерминированному (бинарному) варианту может осуществляться вне рамок построения модели статистического распознавания с использованием матрицы потерь конкретного пользователя.

Таблица 5.1 - Прямые(+) и обратные(-) связи превышения ПДК примесей и параметров атмосферы.

Параметры атмосферы	Примеси								
	Пыль	СО	NO <sub>2</sub>	фенол2	фенол1	сажа	аммиак2	аммиак1	CH <sub>2</sub> O
r0	-	-	0	-	0	-	0	+	-
VV	-	0	0	0	0	0	0	0	0
P0	0	-	0	+	0	0	0	0	0
gradP0	0	0	+	+	0	0	0	0	0
lapP0(+цикл,-анти)	0	0	0	0	+	0	0	0	0
dP0(t-24)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tz-T850	-	0	-	0	-	-	+	0	0
lapT850(+холод,-тепло)	0	0	0	0	0	0	-	0	-
gradT850	0	0	-	0	0	0	0	0	0
dT850(t-24)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H500	+	+	-	0	0	0	+	0	0
lapH500(+цикл,-анти)	0	-	0	-	+	0	0	0	0
gradH500	0	0	0	0	0	0	0	+	0
dH500(t-24)	0	0	0	0	0	0	0	+	0

Технология автоматизированного прогноза предусматривает следующие этапы:

- оперативный доступ разработанного ПО к прогностическим данным GRIB на 1-3 суток;
- вычисление признаков и оценка вероятностей превышения ПДК по соответствующим ветвям логического дерева;
- формирование прогностического сообщения и передача его в канал связи для доставки пользователям.

Учитывая выводы о значительной зашумленности данных о концентрациях примесей с точки зрения согласования с условиями погоды, были построены дополнительно логические деревья распознавания ситуаций термодинамической (не)устойчивости нижнего 500-метрового слоя атмосферы по данным радиозондирования с особыми точками за тот же период для сроков 00 и 12 СГВ. Эти решающие правила вообще не зависят от данных ЦМС, зато позволяют оценить прогностические условия погоды по нескольким универсальным

показателям термической и динамической устойчивости в нижнем слое атмосферы, а значит и условий рассеяния примесей по трем градациям: устойчивость, неустойчивость и относительная нейтральность. Прямого выхода на такие характеристики из прогностической продукции центров обработки данных нет, а значит и нет возможности их включения в список обучения для прогноза на 1-3 суток.

## 6. Основные результаты оперативно-производственных испытаний

В 2010 году проведены оперативные испытания по методу и технологии прогноза уровней загрязнения воздуха по территории г. Новосибирска на 1-3 суток с использованием данных зондирования пограничного слоя атмосферы.»

Испытания проходили с 14.01.2010 г. по 30.12.2010 г в оперативном режиме на базе исходных гидродинамических прогностических полей. Всего рассчитано и проанализировано 286 прогнозов.

Результат разработанной методики предоставляет на выходе два уровня прогноза: прогноз метеорологических условий загрязнения и прогноз бинарного класса загрязнения по каждой примеси. Первый дает прогнозисту указания на класс устойчивости атмосферы по прогностической вероятности отдельных термических и термодинамических характеристик. Второй позволяет составить прогноз общего уровня загрязнения города исходя из анализа прогнозов вероятности попадания отдельных примесей в классы с не/превышением ПДКм.р. (“нет”/“да”). Обе ветви прогноза построены на логических деревьях распознавания образов.

В ходе испытания проанализировано качество прогнозов по каждому направлению выходных результатов. Оценка прогнозов метеорологических условий загрязнения (МУЗ) производилась путем сопоставления фактических (по объективному анализу) и прогностических классов по характеристикам термодинамической устойчивости атмосферы. Результаты приведены в Таблице 6.1 .

Таблица 6.1 - Оценка прогнозов МУЗ по оперативному («о») и разработанному методу («а»). 2010 г.

сутки	Месяц/ оправдываемость в %												год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1o	91	92	97	90	89	93	91	95	99	97	90	98	93
1a	92	94	96	89	90	95	93	92	98	93	90	99	93
2a	90	89	93	88	92	91	90	92	92	95	89	97	91
3a	89	88	85	83	90	89	91	90	89	92	89	95	89

При примерно одинаковом качестве с прогнозами на первые сутки по методу И.А.Шевчук новый метод имеет преимущество в полной автоматизации и увеличении заблаговременности.

Прогнозы общего уровня загрязнения оценивались согласно РД 52.04.667-2005 «Документы о состоянии загрязнения атмосферы в городах для информирования государственных органов, общественности и населения». Оценка производилась по фактическим данным концентраций загрязняющих веществ города Новосибирск. Наличие соседних принятых градаций уровня загрязнения по отношению к прогностическим оценивалось как 50% оправдываемости, попадание-100%, остальные случаи -0%. Результаты в Таблице 6.2.

Таблица 6.2 - Оценка прогнозов ОУЗ по оперативному («о») и разработанному методу («а»). 2010 г.

сутки	Месяц/ оправдываемость в %												год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1o	91	92	97	90	89	93	91	95	99	97	90	98	93
1a	92	94	96	89	90	95	93	92	98	93	90	99	93
2a	90	89	93	88	92	91	90	92	92	95	89	97	91
3a	89	88	85	83	90	89	91	90	89	92	89	95	89

Оценка прогнозов по автоматизированному методу составила в среднем 87-94%. При прогнозе на первые сутки преимущество над старым методом составило 15-20%.

Оценена предупредительность высоких уровней загрязнения, которая рассчитывается как 100% при прогнозе случившейся на факте соответствующей градации и 0% - при непопадании. (таблица 6.3)

Таблица 6.3 - Предупредительность повышенного уровня загрязнения по оперативному («о») и разработанному методу («а»). 2010г.

сутки	Месяц/ оправдываемость в %												год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1o	67	53	70	57	29	63	91	75	77	64	89	100	69
1a	83	81	85	85	84	96	86	79	84	87	83	100	87
2a	86	89	94	72	78	100	84	75	82	83	100	100	87
3a	89	86	80	81	85	100	84	77	81	87	100	100	94

Видно, что новый подход имеет значительно более высокий уровень предупредительности (88-100%) по отношению к используемому варианту (59-75%).

Параллельно оценены оперативность и удобство разработанной технологии.



В результате испытания получены основные выводы по преимуществам новой разработки:

- 1) Увеличена заблаговременность объективного прогноза до 3-х суток (раньше 1 сутки).
- 2) Полная автоматизация метода от поступления исходных данных до передачи результатов потребителям. Технология объективна и экономична.
- 3) Возможность ориентироваться на ожидаемые значения параметров устойчивости (неустойчивости) нижних слоев атмосферы, полученные на базе статистической обработки данных зондирования .
- 4) Более высокие оценки оправдываемости прогнозов градаций загрязнения и предупрежденности опасных уровней.

По решению Технического Совета ФГБУ «Новосибирский ЦГМС-РСМЦ» от 08.02.2011 Метод рекомендован к использованию в ЗапСибЦМС как основной расчетный. Программное обеспечение расчетов прогнозов передано в ЗапСибРВЦ (Акт передачи от 17.03.2011). Метод и технология рассмотрены на заседании Центральной методической комиссии по гидрометеорологическим и гелиогеофизическим прогнозам 6 февраля 2012 г.. В решении ЦМКП работа одобрена, указано на важность разработки. Материалы по испытанию рекомендовано передать в ГГО и затем вновь рассмотреть вопрос о внедрении.

## 7. Практические рекомендации

Ежедневно в оперативное время составления прогноза (примерно в 04 ВСВ) в ЦМС из ЗапСибРВЦ передаются следующие резульативные текстовые файлы: TDddmmgg\_00.doc, TDddmmgg\_12.doc, ZZddmmgg.doc. ddmmgg – дата расчета (день, месяц, год). Файлы TD(дата) содержат оценки расчетов ожидаемых вероятностей термодинамических параметров и решений на признак устойчивости атмосферы. При этом исходные расчетные параметры базируются на данных глобальных моделей ЕСМF(Рединг) и УКМО (Эксетер) от счета 00 и 12 ВСВ предыдущих суток. Таким образом, в файле \_00 –содержатся решения на утро каждых суток, в файле \_12 – на вечер.

Таблица 7.1 - Образец файлов TDddmmgg\_00(12).doc:

НОВОСИБИРСК- СибНИГМИ  
2011-05-27 04:10:01

ОЦЕНКА ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ SPOK 00 НА 27.05.11-30.05.11

=====  
Ver0- климатическая вероятность  
Ver1- расчетная вероятность (999.99-нет расчета)  
=====

НА 27.05.11 + 0

Лапласиан Рм = 3.6  
Градиент Рм = 1.7

НЕУСТОЙЧИВОСТЬ:	Ver0	Ver1	Reshen
: 10 : dHinv<85	: 0.30	0.78	: да
: 11 : dTinv<0.2	: 0.30	0.77	: да
: 12 : dTinv/dz<0.0	: 0.24	0.46	: да
: 13 : RiHinv<0.2	: 0.28	0.69	: да
: 14 : dT500/dz<-0.3	: 0.26	0.69	: да
: 15 : Ri500m<0.9	: 0.27	0.04	: нет
УСТОЙЧИВОСТЬ:			
: 16 : dHinv>=500	: 0.28	0.07	: нет
: 17 : dTinv>=4.6	: 0.29	0.10	: нет
: 18 : dTinv/dz>=0.9	: 0.30	0.06	: нет
: 19 : RiHinv>=2.5	: 0.30	0.16	: нет
: 20 : dT500/dz>=0.7	: 0.29	0.01	: нет
: 21 : Ri500m>=5.0	: 0.29	0.18	: нет

НА 28.05.11 + 1

Лапласиан Рм = 6.1

Градиент Рм = 3.1

НЕУСТОЙЧИВОСТЬ:	Ver0	Ver1	Reshen
: 10 : dHinv<85	: 0.30	0.78	: да
: 11 : dTinv<0.2	: 0.30	0.77	: да
: 12 : dTinv/dz<0.0	: 0.24	0.46	: да
: 13 : RiHinv<0.2	: 0.28	0.69	: да
: 14 : dT500/dz<-0.3	: 0.26	0.69	: да
: 15 : Ri500m<0.9	: 0.27	0.76	: да
УСТОЙЧИВОСТЬ:			
: 16 : dHinv>=500	: 0.28	0.07	: нет
: 17 : dTinv>=4.6	: 0.29	0.10	: нет
: 18 : dTinv/dz>=0.9	: 0.30	0.06	: нет
: 19 : RiHinv>=2.5	: 0.30	0.08	: нет
: 20 : dT500/dz>=0.7	: 0.29	0.01	: нет
: 21 : Ri500m>=5.0	: 0.29	0.06	: нет

НА 29.05.11 + 2

Лапласиан Рм = 4.0

Градиент Рм = 1.9

НЕУСТОЙЧИВОСТЬ:	Ver0	Ver1	Reshen
: 10 : dHinv<85	: 0.30	0.78	: да
: 11 : dTinv<0.2	: 0.30	0.77	: да
: 12 : dTinv/dz<0.0	: 0.24	0.46	: да
: 13 : RiHinv<0.2	: 0.28	0.69	: да
: 14 : dT500/dz<-0.3	: 0.26	0.69	: да
: 15 : Ri500m<0.9	: 0.27	0.36	: да
УСТОЙЧИВОСТЬ:			
: 16 : dHinv>=500	: 0.28	0.07	: нет
: 17 : dTinv>=4.6	: 0.29	0.10	: нет
: 18 : dTinv/dz>=0.9	: 0.30	0.06	: нет
: 19 : RiHinv>=2.5	: 0.30	0.16	: нет
: 20 : dT500/dz>=0.7	: 0.29	0.01	: нет
: 21 : Ri500m>=5.0	: 0.29	0.18	: нет

НА 30.05.11 + 3

Лапласиан Рм = -6.1

Градиент Рм = 4.0

НЕУСТОЙЧИВОСТЬ:	Ver0	Ver1	Reshen
: 10 : dHinv<85	: 0.30	0.78	: да
: 11 : dTinv<0.2	: 0.30	0.77	: да
: 12 : dTinv/dz<0.0	: 0.24	0.46	: да
: 13 : RiHinv<0.2	: 0.28	0.69	: да
: 14 : dT500/dz<-0.3	: 0.26	0.69	: да
: 15 : Ri500m<0.9	: 0.27	0.76	: да
УСТОЙЧИВОСТЬ:			

```

: 16 : dHinv>=500      : 0.28  0.07 : нет
: 17 : dTinv>=4.6        : 0.29  0.10 : нет
: 18 : dTinv/dz>=0.9     : 0.30  0.06 : нет
: 19 : RiHinv>=2.5       : 0.30  0.08 : нет
: 20 : dT500/dz>=0.7    : 0.29  0.01 : нет
: 21 : Ri500m>=5.0      : 0.29  0.06 : нет

```

На каждый день прогноза (дата + заблаговременность) выдан перечень параметров, подробно описанный в разделе 3.1. Для каждого параметра представлена вероятность показателя (не)устойчивого состояния атмосферы по базовой выборке (Ver0) и рассчитанной по «деревьям» распознавания на базе текущих выпусков глобальных моделей (Ver1). В столбце «Reshen» записано полученное решение класса да/нет по пороговым значениям.

Файлы ZZ(дата).doc содержат прогностические решения по каждой примеси и результирующее (Общее) решение об ожидаемом уровне загрязнения. Пример результирующего вывода в Таблице 7.2. Даны климатическая (Ver0) и ожидаемая (Ver1) вероятности превышения ПДК по примесям. Слово «да» означает, что рассчитанная по прогностическим параметрам вероятность превышения ПДК данной примеси выше порогового значения.

Таблица 7.2 - Образец файлов ZZddmmgg.doc:

```

НОВОСИБИРСК- СибНИГМИ
2014-05-27 04:10:01

```

```

ПРОГНОЗ ПРЕВЫШЕНИЯ УРОВНЯ ПДК ПО ОТДЕЛЬНЫМ ПРИМЕСЯМ   НА 27.05.14-30.05.14

```

```

=====
Ver0- климатическая вероятность
Ver1- расчетная вероятность   (999.99-нет расчета)
=====

```

```

НА 27.05.14 +   0           Ver0  Ver1    Reshen

:  1 : Пыль                   : 0.12  0.24  : да
:  2 : Окись_углерода        : 0.09  0.03  : нет
:  3 : Двуокись_азота       : 0.09  0.03  : нет
:  4 : Фенол>=2_постов     : 0.05  0.02  : нет
:  5 : Фенол>=1_постов     : 0.22  0.17  : нет
:  6 : Сажа                  : 0.04  0.01  : нет
:  7 : Аммиак>=2_постов    : 0.04  0.01  : нет
:  8 : Аммиак>=1_постов    : 0.18  0.23  : да
:  9 : Формальдегид        : 0.06  0.03  : нет

      Общий уровень      да : 1

```

НА	28.05.14 +	1	Ver0	Ver1	Reshen
:	1	: Пыль	: 0.12	0.05	: нет
:	2	: Окись_углерода	: 0.09	0.03	: нет
:	3	: Двуокись_азота	: 0.09	0.14	: да
:	4	: Фенол>=2_постов	: 0.05	0.02	: нет
:	5	: Фенол>=1_постов	: 0.22	0.32	: да
:	6	: Сажа	: 0.04	0.01	: нет
:	7	: Аммиак>=2_постов	: 0.04	0.00	: нет
:	8	: Аммиак>=1_постов	: 0.18	0.23	: да
:	9	: Формальдегид	: 0.06	0.05	: нет
		Общий уровень	да	: 3	

НА	29.05.14 +	2	Ver0	Ver1	Reshen
:	1	: Пыль	: 0.12	0.05	: нет
:	2	: Окись_углерода	: 0.09	0.03	: нет
:	3	: Двуокись_азота	: 0.09	0.04	: нет
:	4	: Фенол>=2_постов	: 0.05	0.02	: нет
:	5	: Фенол>=1_постов	: 0.22	0.32	: да
:	6	: Сажа	: 0.04	0.01	: нет
:	7	: Аммиак>=2_постов	: 0.04	0.00	: нет
:	8	: Аммиак>=1_постов	: 0.18	0.10	: нет
:	9	: Формальдегид	: 0.06	0.05	: нет
		Общий уровень	нет	:	

НА	30.05.14 +	3	Ver0	Ver1	Reshen
:	1	: Пыль	: 0.12	0.05	: нет
:	2	: Окись_углерода	: 0.09	0.03	: нет
:	3	: Двуокись_азота	: 0.09	0.03	: нет
:	4	: Фенол>=2_постов	: 0.05	0.02	: нет
:	5	: Фенол>=1_постов	: 0.22	0.17	: нет
:	6	: Сажа	: 0.04	0.01	: нет
:	7	: Аммиак>=2_постов	: 0.04	0.01	: нет
:	8	: Аммиак>=1_постов	: 0.18	0.18	: нет
:	9	: Формальдегид	: 0.06	0.10	: да
		Общий уровень	да	: 9	

Прогноз общего уровня формируется из анализа решений по отдельным примесям. В случае прогноза превышения указаны номера параметров, для которых спрогнозирован класс превышения.

Результирующие таблицы в файлах TD и ZZ являются полем для анализа прогнозиста:

- Каждое автоматически полученное решение прогнозист может корректировать, сравнивая превышения(принижения) вероятностей Ver0 и Ver1, как по термодинамическим параметрам, так и по примесям.

- Ежедневно анализируя таблицы, прогнозист формирует выводы о ранге информативности решений по отдельным параметрам для прогноза общего решения.
- Окончательный прогноз составляет прогнозист, исходя из интерпретации ожидаемых атмосферных условий и прогнозов уровня загрязнения.
- Составляет итоговое решение об ожидаемом состоянии атмосферы.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Шевчук И.А. Прогноз уровня загрязнения атмосферы промышленными выбросами в Новосибирске//Тр.ЗапСибНИГМИ.-1977.-Вып.30.- С.88-90.
2. Дисперсионная идентификация /под ред. Н.С.Райбмана/.- М.: Наука,1981-336с.
3. Лбов Г.С., Манохин А.Н. Распознавание образов при разнотипных признаках в условиях малой выборки.//Статистические проблемы управления.-Вильнюс, 1976.-Вып.14.- С.57-63.
4. Манохин А.Н. Алгоритм DW для распознавания образов: Пакет прикладных программ ОТЭКС.- Новосибирск: изд-во Новосибирского государственного университета, 1981.-С.3-30.