РД 52.04.78-86

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРОГНОЗИРОВАНИЮ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУХА ВОЗДУХА В ГОРОДАХ С УЧЕТОМ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ

gost.e-ecolog.ru

РАЗРАБОТАН Главной геофизической обсерваторией им. А.И.Воейкова и Гидрометеорологическим научно-исследовательским центром СССР с участием Средне-Азиатского научно-исследовательского института Госкомгидромета.

ИСПОЛНИТЕЛИ Л.Р.Сонькин к.г.н., В.Б.Киселев к.ф.м.н., Л.М.Неронова к.г.н., Л.В.Тихомирова к.г.н., Г.П.Кошелькова, Т.П.Ивлева, Б.Н.Пьянцев, В.А.Храпаченко, Н.В.Королева

УТВЕРЖДЕН ЗАМЕСТИТЕЛЕМ ПРЕДСЕДАТЕЛЯ ГОСУДАРСТВЕННОГО КОМИТЕТА СССР ПО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ И КОНТРОЛЮ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ Е.И.ТОЛСТИКОВЫМ 18.VI.1986 Г. И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ С 1.X.1986 г.

УДК 551.510.04 Группа Т58

РУКОВОДЯЩИЙ ДОКУМЕНТ

ОХРАНА ПРИРОДЫ. АТМОСФЕРА. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРОГНОЗИРОВАНИЮ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУХА В ГОРОДАХ С УЧЕТОМ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ

РД 52.04.78-86

Введен впервые

Настоящие методические указания устанавливают порядок прогнозирования загрязнения атмосферы.

Методические указания обязательны для подразделений Госкомгидромета, выполняющих работы по прогнозированию загрязнения воздуха и обеспечению чистоты воздушного бассейна в периоды неблагоприятных метеорологических условий.

Руководящий документ дополняет "Методические указания по прогнозу загрязнения воздуха в городах", Л., Гидрометеоиздат, 1979., которые были одобрены ЦМКП Госкомгидромета. С его вводом в действие отменяются разделы 9, 12, и подраздел 13.1 методических указаний, 1979 г.

Издание официальное Перепечатка запрещена

I. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУХА ДЛЯ СОВОКУПНОСТИ ИСТОЧНИКОВ, РАСПОЛОЖЕННЫХ НА БОЛЬШОЙ ТЕРРИТОРИИ, С УЧЕТОМ ВЛИЯНИЯ ВЫСОТЫ ИСТОЧНИКОВ И МЕТЕОПАРАМЕТРОВ

При обслуживании большого количества объектов все источники выбросов следует разделить на группы с учетом их высоты и других параметров в соответствии со свойственными каждому из них неблагоприятными метеоусловиями. При этом составленный прогноз относится ко всем источникам данной группы, расположенным не только в городе, но и на большой территории, например, крупного промышленного региона.

Для организации прогнозирования загрязнения воздуха от совокупности источников необходимо собрать сведения о параметрах выбросов со всех предприятий, расположенных на обслуживаемой территории. При этом выполняется следующий комплекс работ:

осуществляется критический контроль собранных данных о параметрах выбросов;

выполняется расчет максимальных концентраций примесей в воздухе (C_M) и делается окончательный отбор обслуживаемых предприятий;

для каждого из выбранных источников рассчитывается опасная скорость ветра U_M и определяется комплекс неблагоприятных метеоусловий (НМУ);

на основе выполненного анализа проводится объединение источников загрязнения воздуха в несколько групп, каждой из которых соответствуют определенные НМУ.

В случае, когда не удается собрать и проанализировать достаточно полные сведения о параметрах выбросов источников загрязнения необходимо на первом этапе ориентировочно исходить из типовых комплексов неблагоприятных метеоусловий. При этом рассматриваются следующие группы источников:

высокие с горячими выбросами;

высокие с холодными выбросами;

низкие.

Аномально неблагоприятные метеоусловия для основных групп источников приводятся в табл.I.

Таблица I

Аномально неблагоприятные метеоусловия для основных групп источников

Характеристика выбросов	Термическая стратификация нижнего слоя атмосферы	Скорость ветра, м/с на уровне		Вид инверсии, ее высота над источником
		флюгера	выбросов	
Горячие высокие	неустойчивая	3-7	5-I4	приподнятая (I00-200 м)
		штиль	5-I4	
Холодные высокие	неустойчивая	I-2	2-4	приподнятая (0-200 м)
		штиль	2-4	
Низкие	устойчивая	штиль	штиль	приземная

Дополнительно следует учитывать наличие опасных направлений ветра, которые связаны с переносом примесей от источников в сторону жилых кварталов (при расположении предприятий на окраине или за пределами города), с максимальным наложением выбросов, их выносом на районы плотной застройки и сложного рельефа.

Неблагоприятные комплексы метеоусловий должны быть сформулированы таким образом, чтобы каждый из параметров предсказывался существующими способами на срок до 36 ч. При этом вместо высоты нижней границы приподнятой инверсии рассматривается близкая к ней по физическому смыслу высота слоя термодинамического перемешивания $H_{тд}$.

Ниже приводятся неблагоприятные комплексы метеоусловий:

Высота слоя термодинамического перемешивания менее 500 м (в случае труб выше 300 м - менее 750 м), но больше высоты источника в сочетании со скоростью ветра, близкой к U_{M_1}, для данного источника;

Туман и штиль - для холодных выбросов, туман и скорость ветра более 2 м/с - для горячих выбросов;

Направление ветра в сторону кварталов плотной застройки или районов со сложным рельефом в сочетании со скоростью ветра, близкой к U_{M_1};

Направление ветра, при котором имеет место максимальное наложение выбросов от группы источников в сочетании со скоростью ветра, близкой к U_M;

Штиль в сочетании с приземной инверсией - для низких источников.

Для низких источников неблагоприятными также являются условия, при которых предсказывается высокий уровень загрязнения воздуха по городу в целом.

На основе прогноза по территории скорости и направления ветра, высоты слоя перемешивания, туманов с учетом синоптической обстановки на карте выделяются области с неблагоприятными условиями для отдельных групп источников. Предупреждение передается на то предприятие, источники выбросов которого оказываются в соответствующей области.

2. РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУХА ПО ГОРОДУ В ЦЕЛОМ

2.I. Рекомендации по разработке прогностических схем

Схемы для прогноза загрязнения воздуха в городе необходимо разрабатывать отдельно по сезонам года, а также отдельно для I-й и 2-й половины дня. При скользящем графике отбора проб воздуха к I-й половине дня относятся сроки измерений 7, I0 и I3, ко 2-й - I5, I8 и 2I ч. При переходе к 3-х разовым измерениям концентраций в постоянные сроки используются ранее разработанные схемы для I-й и 2-й половины дня. При этом для оперативного определения

обобщенной характеристики загрязнения воздуха (параметра P и др.) к I-й половине дня следует относить данные за 7 и I3 ч, ко 2-й половине дня - за I3 и I9 ч.

Разработку прогностических схем при трехразовых наблюдениях за концентрациями примесей в воздухе в постоянные сроки также следует проводить отдельно по частям суток.

Измерения относятся к соответствующей части суток исходя из двух возможных вариантов.

I) К I-й половине дня относятся измеренные концентрации за 7 и I3 ч, ко 2-й половине дня - за I3 и I9 ч.

2) Как и в первом варианте расчет обобщенного показателя проводится по измерениям за 7 и I3 ч. Принимается, что рассчитанный таким образом обобщенный показатель, характеризует загрязнение атмосферы за основную часть дня. Показатель загрязнения за конец дня и за вечер рассчитывается по данным наблюдений за I9 ч. Такой вариант может быть реализован при наличии достаточного количества измерений. Дополнительно составляется схема прогноза среднего за день загрязнения воздуха в городе с использованием измерений за 7, I3 и I9 ч. При разработке схем в качестве предикторов следует принимать метеорологические параметры, относящиеся к началу периода времени, на который составляется прогноз. В схемах прогноза на первую половину дня, а также на весь день используются метеорологические характеристики за 6 ч и данные радиозондирования за 3 ч. В схемах, составленных для второй половины дня или для конца дня и вечера в качестве предикторов принимаются метеорологические элементы за I5ч. При таком подходе имеется возможность уточнить прогноз на ближайшие часы с использованием измеренных величин предикторов. Включение в прогностические схемы такого важного предиктора, как исходное загрязнение атмосферы, предъявляет повышенные требования к оперативному анализу проб воздуха.

Схемы прогноза загрязнения воздуха по городу в целом в первую очередь разрабатываются по совокупности примесей с использованием в качестве предиктанта параметра P

$$P = \frac{m}{n}, \qquad (I)$$

где n - общее количество наблюдений в городе в течение одного дня или части дня на всех стационарных постах,

m - количество наблюдений в течение этого же периода времени с концентрациями q, которые превышают среднесезонную величину $q_{ср}$ более чем в I.5 раза ($q > I.5\, q_{ср}$).

При наличии в городе не менее 5 стационарных постов целесообразно дополнительно разработать прогностические схемы для отдельных примесей (SO_2 , NO_2 , CO , пыль и др.). При этом в качестве предиктанта предпочтительно принимать среднюю по городу и за 2-3 срока наблюдений концентрацию примеси $\bar{q}$, нормированную на ее среднесезонную величину $q_{ср}$

$$Q = \frac{\bar{q}}{q_{ср}} \qquad (2)$$

Предсказываются группы загрязнения воздуха. При этом главное внимание уделяется прогнозированию группы относительно высокого загрязнения воздуха в городе, с возникновением которого появляется необходимость сокращать выбросы. При использовании в качестве характеристики загрязнения воздуха по городу в целом (предиктанта) параметра P предлагается исходить из следующих 3-х групп (табл.2).

Таблица 2

Группа загрязнения воздуха по городу в целом

Номер группы	Градации параметра P	Характеристика загрязнения воздуха	Средняя повторяемость, (%)
I	более 0.35	Относительно высокое	I0
2	0.2I-0.35	Повышенное	40
3	0.20 и менее	Пониженное	50

Примечание. Если в каком-либо городе повторяемость случаев с P > 0.35 менее 5%, то к I-й группе относится P> 0.30, ко второй, соответственно, P = 0.2I-0.30.

При использовании в качестве предиктанта других характеристик загрязнения воздуха, например, нормированную среднюю по городу концентрацию Q , отнесение к группам относительно высокого, повышенного и пониженного загрязнения проводится в соответствии с их повторяемостью, указанной в табл.2.

С целью практического предотвращения роста концентраций в периоды неблагоприятных метеорологических условий из I-й группы выделяется и предсказывается подгруппа с экстремально высоким загрязнением воздуха, повторяемость которой составляет I-2%. Этой подгруппе соответствует P > 0.5.

2.2. Выбор предикторов

Перед разработкой прогностической схемы необходимо выбрать предикторы, которыми являются метеорологические параметры и исходное загрязнение. В качестве предикторов выбираются те показатели, которые в наибольшей степени позволяют учитывать физические закономерности распространения примесей в атмосфере. Основным принципом является их выбор по материалам наблюдений в конкретных городах с учетом тесноты и реального вида связей между метеорологическими факторами и концентрациями примесей в воздухе. При разработке прогностической схемы предикторы заранее не задаются. Из всех возможных предикторов выбирается несколько наиболее значимых.

При выборе предикторов имеется в виду необходимость учета следующих главных факторов, определяющих формирование уровня загрязнения атмосферы: направление переноса примесей, скорость их переноса, атмосферная устойчивость и связанная с ней степень вертикального перемешивания примесей, термическое состояние воздушной массы, от которого зависит подъем перегретых выбросов и всего объема перегретого над городом воздуха, вымывание примесей осадками, их аккумуляция в туманах, инерционный фактор.

Показателем направленности переноса примесей является направление ветра на высоте флюгера на основной метеостанции города. Важным предиктором является скорость ветра на уровне флюгера. Наряду с этим, в схемы включается и скорость ветра на уровне АТ-925 гПа. При таком подходе учитывается больше информации о влиянии метеорологических условий на загрязнение воздуха в городе, чем в случае, когда рассматривается средняя в слое скорость ветра. В частности, при этом учитываются эффекты, связанные с влиянием на состояние загрязнения воздуха скорости переноса как у земли (на высоте флюгера), так и на более высоком уровне в пограничном слое атмосферы.

Может применяться в качестве предиктора и средняя скорость

ветра в слое перемешивания.

В качестве характеристик атмосферной устойчивости принимаются ΔT - разность температуры между уровнями земли и АТ-925 гПа и $H_{тд}$ - слой термодинамического перемешивания (см. разделы 2.4 и 3.4). В тех случаях, когда преобладают инверсионные условия, при которых $H_{тд} = 0$, в прогностические схемы включается ΔT. Если преобладают ситуации с $H_{тд} > 0$, то выбирается одна из двух указанных характеристик в зависимости от того, какая из них более тесно коррелирует с загрязнением атмосферы в данном конкретном городе.

В качестве возможных предикторов могут быть предложены следующие характеристики:

V_0 - скорость ветра на высоте флюгера, м/с;

d - направление ветра в румбах;

V_{925} - скорость ветра на уровне изобарической поверхности АТ-925, м/с;

$\overline{V}$ - средняя скорость в слое перемешивания;

ΔT - разность температур между уровнями земли и АТ-295 гПа, ^{o}C;

T_o - температура воздуха у земли ^{o}C;

$H_{тд}$ - высота слоя термодинамического перемешивания, м;

H_2 - нижняя граница инверсии, м. Если инверсия приземная, то $H_2 = 0$;

H_1 - мощность приземной инверсии, м. При отсутствии приземной инверсии $H_1 = 0$;

$\Delta P/\Delta n$ - градиент приземного давления гПа/град меридиана;

P' - значение P за день, предшествующий периоду прогноза.

При разработке схем могут использоваться и другие предикторы, например, градиент геопотенциала на АТ-925, лапласиан давления и геопотенциала, суточные изменения температуры и др.

Если удается выделить типы синоптических ситуаций таким образом, чтобы выявилась связь между ними и уровнем загрязнения атмосферы в городе, то тип ситуации следует включать в качестве предиктора в схему прогноза. Рекомендуется каждый из типов кодировать баллом (например, от 3 до 10). Меньший балл приписывается тем типам синоптических процессов, которые в наибольшей степени определяют высокий уровень загрязнения атмосферы в данном городе. Пример типизации синоптических процессов с целью

использования такой характеристики в качестве предиктора в прогностической схеме для Москвы приводится в разделе 2.6.

При составлении прогнозов загрязнения воздуха на сутки и более следует использовать прогностические значения метеорологических предикторов. Поэтому при выборе предикторов учитывается необходимость максимального использования фактического и прогностического аэросиноптического материала, имеющегося у синоптика к моменту составления прогноза общего пользования. При составлении прогнозов на срок до 12 ч в прогностическую схему включаются измеренные значения метеорологических параметров. Для таких случаев могут разрабатываться варианты схем с использованием в качестве предикторов высоты нижней границы приподнятой инверсии, аналога числа Ричардсона и др.

2.3. Процедура разработки схем прогноза загрязнения воздуха в городе методом последовательной графической регрессии

При разработке схемы на первом этапе строятся графики, на каждом из которых устанавливаются зависимости обобщенного показателя загрязнения воздуха в городе от пар предикторов (см. черт. 4 и 5). Эти графики называются предварительными. На каждом из предварительных графиков проводятся изолинии показателя загрязнения воздуха, строится поле загрязнения, определяемое двумя предикторами.

Пусть на одном из графиков получено поле загрязнения воздуха в зависимости от предикторов X_i и X_j – $\Pi_1(X_i, X_j)$, а на другом – в зависимости от предикторов X_k и X_l – $\Pi_2(X_k, X_l)$. Π_1 и Π_2 рассматриваются как комплексные метеорологические предикторы, которые в большей степени, чем первоначальные влияют на содержание примесей в воздухе. На следующем графике устанавливается зависимость загрязнения атмосферы от Π_1 и Π_2 и через них – от всех четырех предикторов.

$$\Pi_3 = f[\Pi_1(X_i, X_j), \Pi_2(X_k, X_l)] \qquad (3)$$

Попарное объединение графиков проводится до тех пор, пока на конечном графике не устанавливается зависимость обобщенного показателя загрязнения воздуха в городе от всех используемых предикторов.

При таком подходе зависимости загрязнения воздуха в городе от метеорологических факторов учитываются в таком виде, в каком они реально имеют место в конкретном городе в заданный сезон года.

При разработке схемы определенные трудности могут возникнуть на стадии построения предварительных графиков, поскольку 2 предиктора не определяют однозначно уровень загрязнения воздуха в городе. При наличии достаточного количества материалов графики разделяются на квадраты и в каждом из них рассчитываются средние значения показателя загрязнения воздуха или повторяемости его повышенных значений. Далее на графике проводятся изолинии этих характеристик. В реальных условиях задача усложняется в связи с тем, что в отдельных частях графика количество точек со значениями обобщенного показателя загрязнения может быть мало. В этом случае предварительно выполняются следующие разработки.

I). По используемому ряду наблюдений изучаются связи между предиктантом и включенными в схему предикторами.

2). На графиках в соответствующих точках наносятся ежедневные значения обобщенного показателя загрязнения воздуха в городе в зависимости от значений используемых предикторов.

3). С учетом реального вида связей и известных физических закономерностей на графиках выделяются области с относительно высокой и низкой повторяемостью (П) повышенных значений обобщенного показателя загрязнения. Эта повторяемость подсчитывается в каждой из выделенных областей.

4). Проводятся изолинии П.

5). На основе попарного объединения предварительных графиков строится окончательный график, на котором выделяются 3 области, соответствующие трем группам загрязнения воздуха и проводятся изолинии обобщенного показателя загрязнения.

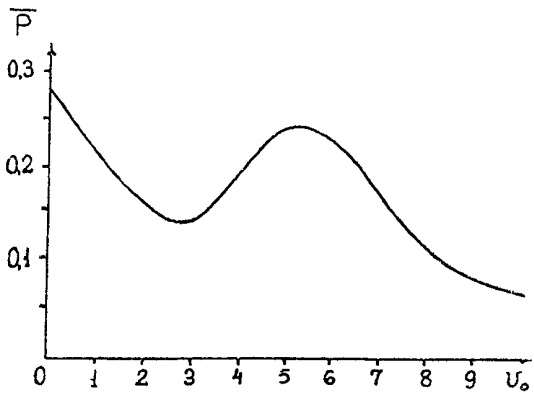
Рассмотрим процедуру построения прогностической схемы на конкретном примере, с использованием в качестве предикторов U_0, ΔT, U_{925} и P'. В принципе ограничений к разделению предикторов на пары не существует, но в данном случае целесообразно совместно рассматривать U_0 и ΔT, поскольку известно, что характер зависимости загрязнения воздуха от скорости ветра определяется устойчивостью атмосферы. Соответственно, другой парой предикторов будут U_{925} и P'. В качестве предиктанта используется параметр P

При четырех предикторах строятся два предварительных графика, на которых представляются поля характеристик $П_1 (U_c , \Delta T)$ и $П_2 (U_{925}, P')$. На окончательном графике с использованием комплексных предикторов $П_1$ и $П_2$ получаем поле параметра P.

$$P = F[П_1(U_c, \Delta T), П_2 (U_{925}, P')] \qquad (4)$$

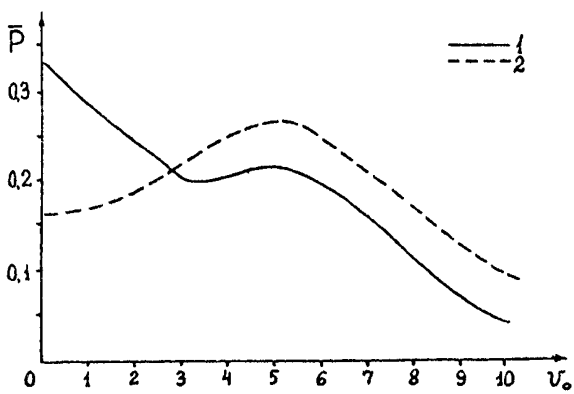
Для построения двух предварительных графиков и проведения на них изолиний $П_1$ и $П_2$ рассмотрены связи между загрязнением воздуха и отдельными предикторами. На черт.I приводится зависимость параметра P от скорости ветра на высоте флюгера (U_c), а на черт.2 эта же зависимость показана отдельно при наличии и отсутствии приземной инверсии. Полученный вид кривых и положен в основу для выделения областей на графике, на котором нанесены все значения параметра P в зависимости от U_c и ΔT (черт.4). Так, на черт.I выделяются 2 максимума загрязнения воздуха в зависимости от U_c : при штиле и при $U_c \approx$ 5 м/с. Как видно из черт.2, в инверсионных условиях основной максимум отмечается при штиле, в случае отсутствия инверсии - при скорости ветра около 5 м/с. Отсюда следует, что области с повышенным загрязнением воздуха будут выявляться на графике, когда очень слабый ветер сопровождается инверсией в нижнем слое воздуха и когда скорость ветра 5-6 м/с сопровождается положительными величинами ΔT. Область с низким загрязнением воздуха обнаруживается при больших значениях скорости ветра, при этом ветер в данной области сильнее в случае неустойчивой термической стратификации по сравнению с инверсионными условиями. Вторая область с пониженным загрязнением должна иметь место при сочетании очень слабого ветра и неустойчивой стратификации. Очевидно, что между указанными четырьмя областями имеет место промежуточная пятая область. На черт.3а приводятся выделенные на графике 5 областей. Они были очерчены с учетом фактического распределения значений параметра P, которые нанесены на черт.4. На графиках рассматривается повторяемость величин $P \geq 0.30$ ($П$). В областях I и II $П \approx$ 70%, в области III $П \approx$ 20%, в области IУ $П$ = 0, в области У $\approx$ 30%. Соответствующие изолинии проводятся в средней части выделенных областей. Они являются основанием для проведения на графике изолиний $П_1 (U_c , \Delta T)$ (см.черт.4).

Среднее значение параметра P в зависимости от скорости ветра на высоте флюгера



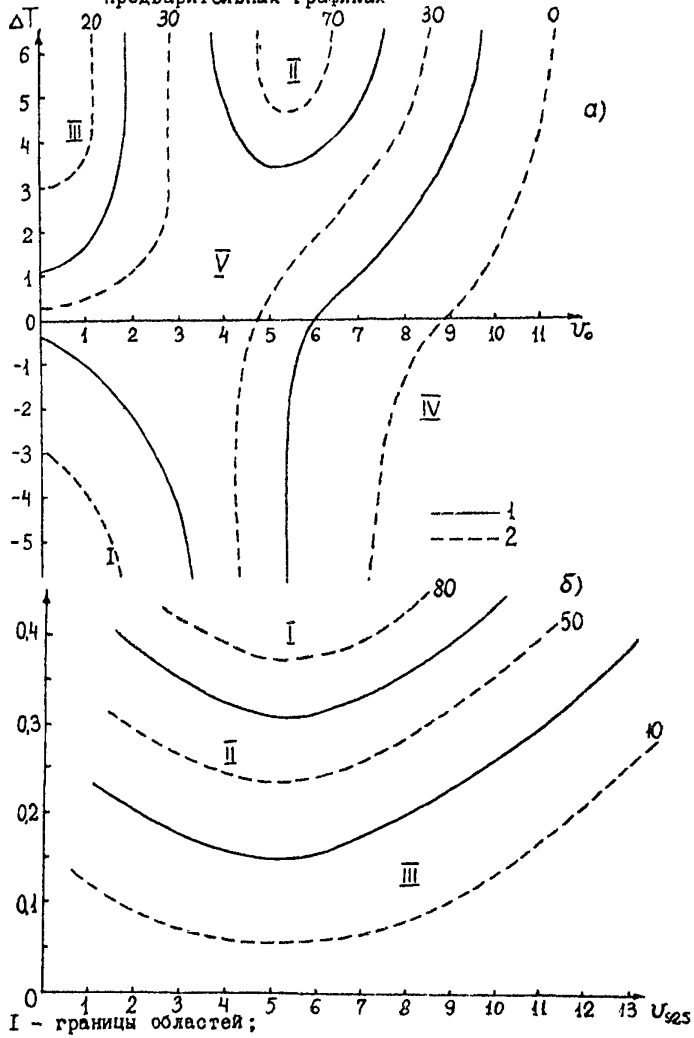
Черт.I

Среднее значение параметра P в зависимости от скорости ветра на высоте флюгера при наличии (I) и при отсутствии (2) приземной инверсии



Черт.2

Области с различным уровнем загрязнения воздуха на предварительных графиках

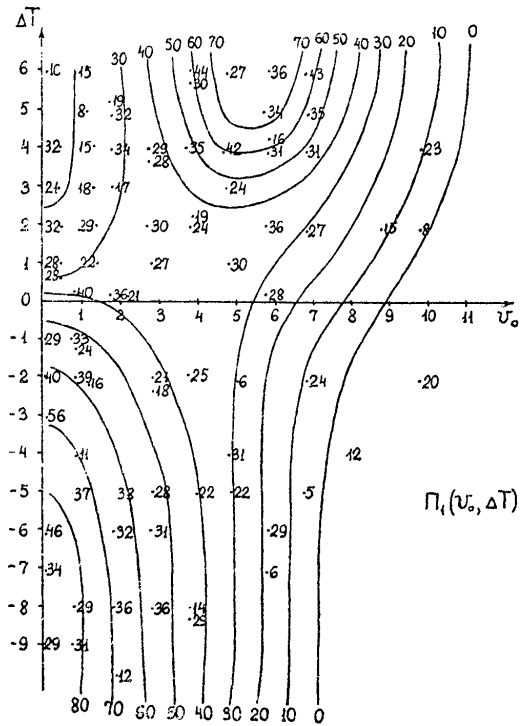


I – границы областей;

2 – изолинии П в середине выделенных областей

Черт.3

I-й предварительный график



Черт.4

Аналогичным образом проводятся изолинии $П$ на другом графике в зависимости от U_{925} и P'. Предварительно было установлено, что в целом P уменьшается с усилением скорости ветра на уровне АТ-925, но выявляется эффект некоторого снижения загрязнения воздуха при очень малых значениях U_{925}. P растет с увеличением P'. С учетом сказанного на графике выделяются 3 области со значениями $П_2$ (U_{925}, P') соответственно 80%, 50% и 10% (черт.3б). На этом основании проводятся изолинии $П_2$ (черт.5).

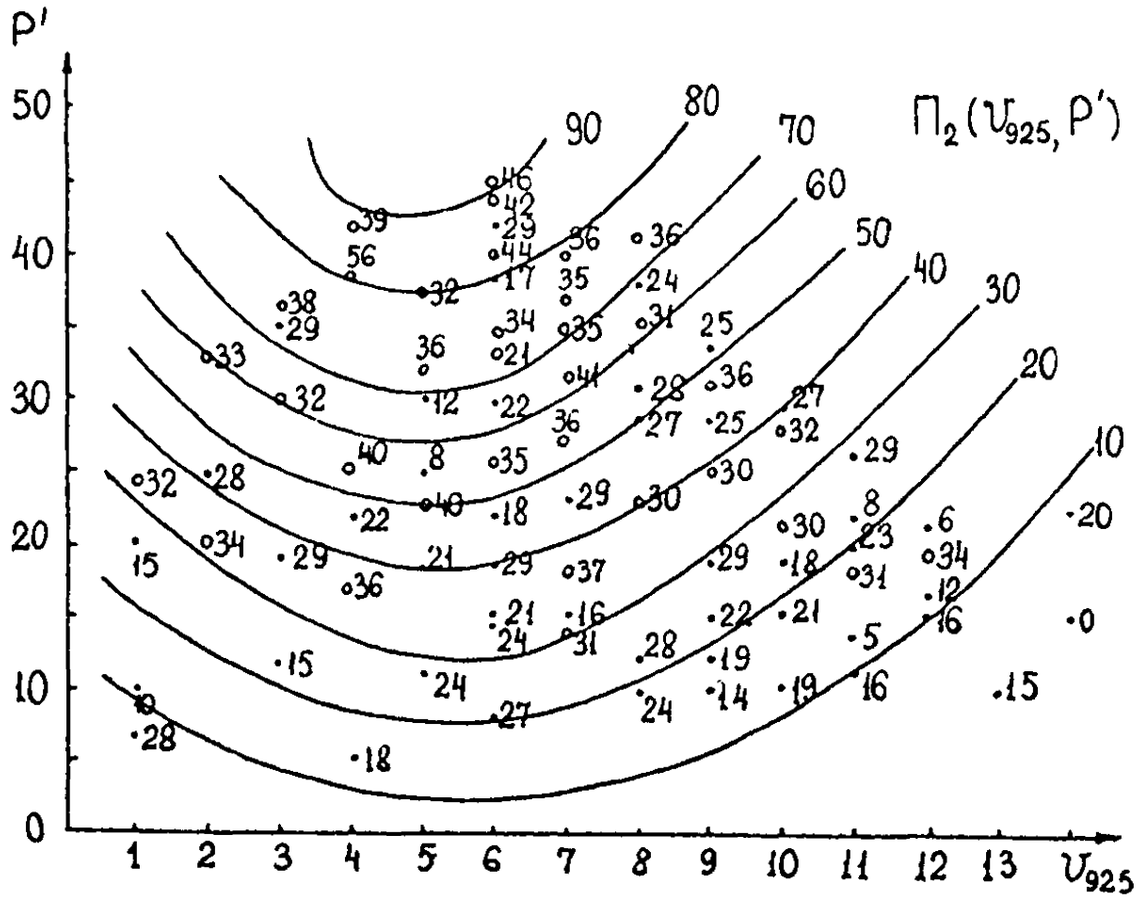
Для построения окончательного графика (черт.6) для каждого дня используемого ряда наблюдений по величинам $U_ш$ и ΔT с черт.4 снимается значение $П_1$, а по величинам U_{925} и P' с черт.5 - $П_2$. Осями координат окончательного графика являются $П_1$ и $П_2$. В соответствующих точках пересечения наносятся значения параметра P. Например, пусть в какой-либо день предикторы имеют следующие значения: $U_ш$ = 3 м/с; ΔT = -6°С, U_{925} = 6 м/с, а исходный уровень загрязнения воздуха P' составляет 0.33. По графикам на черт.4 находим $П_1$ = 53, а на черт.5 $П_2$ = 54. На окончательном графике (см.черт.6) в точке (53; 54) наносим соответствующее значение параметра P : P = 0.31.

На окончательном графике в первую очередь выделяются 3 области соответствующие 3-м группам параметра P. Вид областей должен быть примерно такой, как на черт.6, поскольку параметр P должен увеличиваться с повышением $П_1$ и $П_2$. Области выделяются таким образом, чтобы оправдываемость прогнозов групп загрязнения воздуха по зависимому материалы была максимальной. Далее проводятся изолинии параметра P, при этом линия, разделяющая области высокого и повышенного загрязнения воздуха принимается за изолинию 0.35, повышенного и пониженного загрязнения - за изолинию 0.20. Остальные изолинии примерно одинаковой густоты проводятся параллельно указанным двум (см. черт.6).

2.4. Дополнительные рекомендации для разработки схемы прогноза загрязнения воздуха методом последовательной графической регрессии

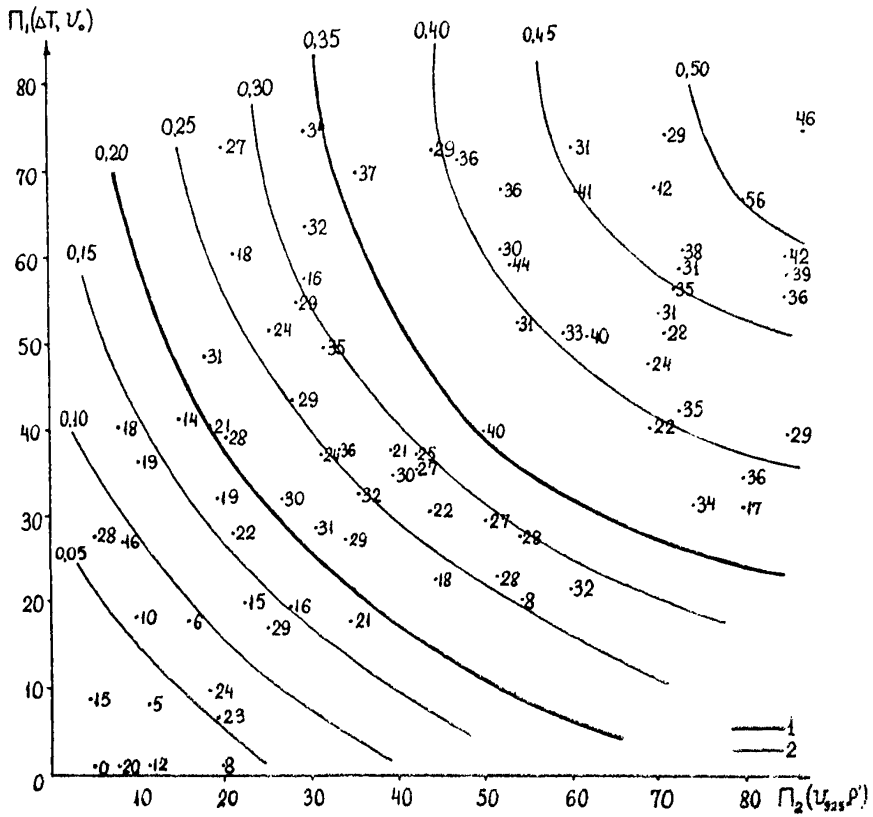
При отсутствии к моменту составления прогноза оперативных данных об измеренных концентрациях примесей необходимо установить какой уровень загрязнения воздуха может сформироваться только за счет метеорологических факторов. Для этого схема разрабатывается в таком варианте, чтобы характеристика исходного

2-й предварительный график



Черт.5

Окончательный график



I – граница между областями, соответствующими трем группам загрязнения воздуха;

2 – изолинии параметра Р.

Черт.6

загрязнения воздуха в городе (P') использовалась в качестве предиктора на последнем этапе. Тогда имеется возможность составлять прогноз без его учета, но с использованием всех метеорологических предикторов.

Такая схема при наличии выполненных разработок в одном из городов какого-либо географического района может использоваться без включения в нее P' в других городах этого района с близкой структурой выбросов. Она может быть также полезна и в городе, где разработана схема, в случае когда по какой-либо причине задерживается поступление к прогнозисту оперативной информации о загрязнении воздуха.

Способ прогноза загрязнения воздуха для группы городов с учетом районирования обслуживаемой территории предлагается в рекомендуемом приложении I.

Пусть сначала используются 4 метеорологических предиктора - X_1, X_2, X_3, X_4, а в дальнейшем исходная величина параметра $P-P'$. Тогда включение в схему предикторов проводится следующим образом:

$$P = F\{[\Pi_1(X_1, X_2), \Pi_2(X_3, X_4), P']\} \qquad (5)$$

или

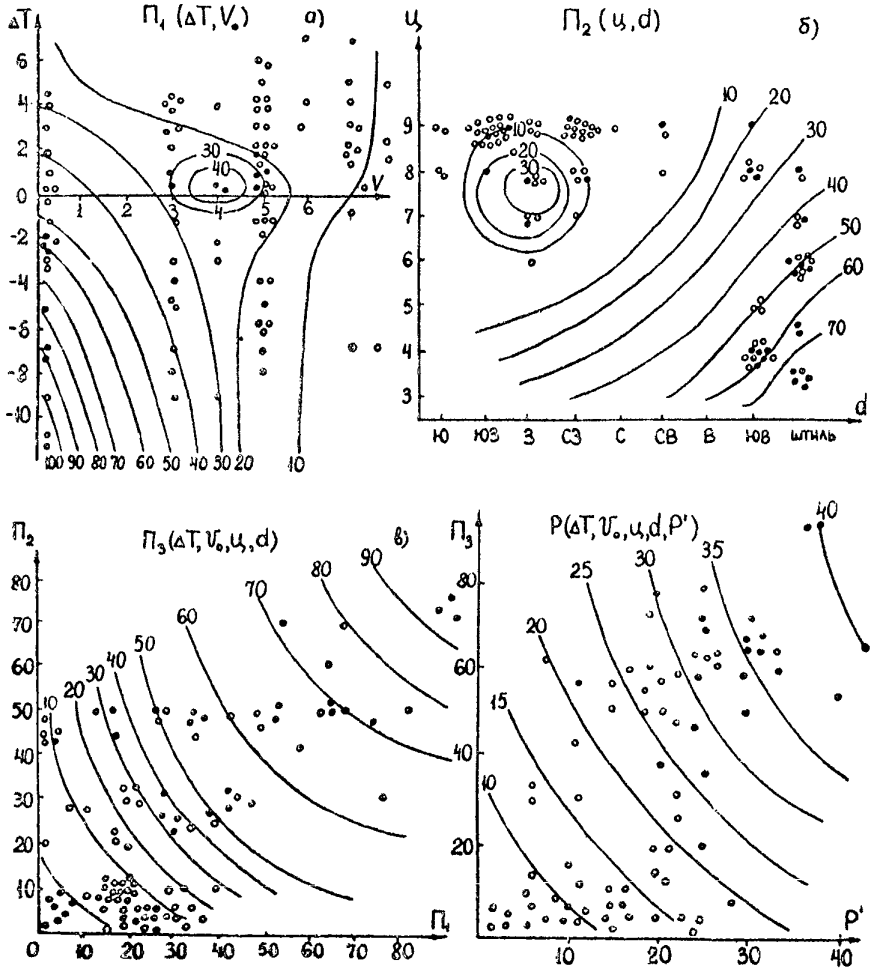
$$P = F(\Pi_3, P'), \qquad (6)$$

где $$\Pi_3 = f[\Pi_1(X_1, X_2), \Pi_2(X_3, X_4)] \qquad (7)$$

Π_3 представляет собой комплекс всех используемых в схеме метеорологических предикторов в таком виде, который в наибольшей степени определяет загрязнение воздуха в городе.

На черт.7 и 8 для примера приводятся схемы, разработанные по материалам наблюдений в Москве за зимний сезон, отдельно для дня и для вечера. При разработке дневной схемы использованы материалы отбора проб воздуха за 7 и 13 ч, вечерней схемы - за 19 ч. Предикторами в I-ом случае взяты метеопараметры за 3 ч, во 2-м случае - за 15 ч.

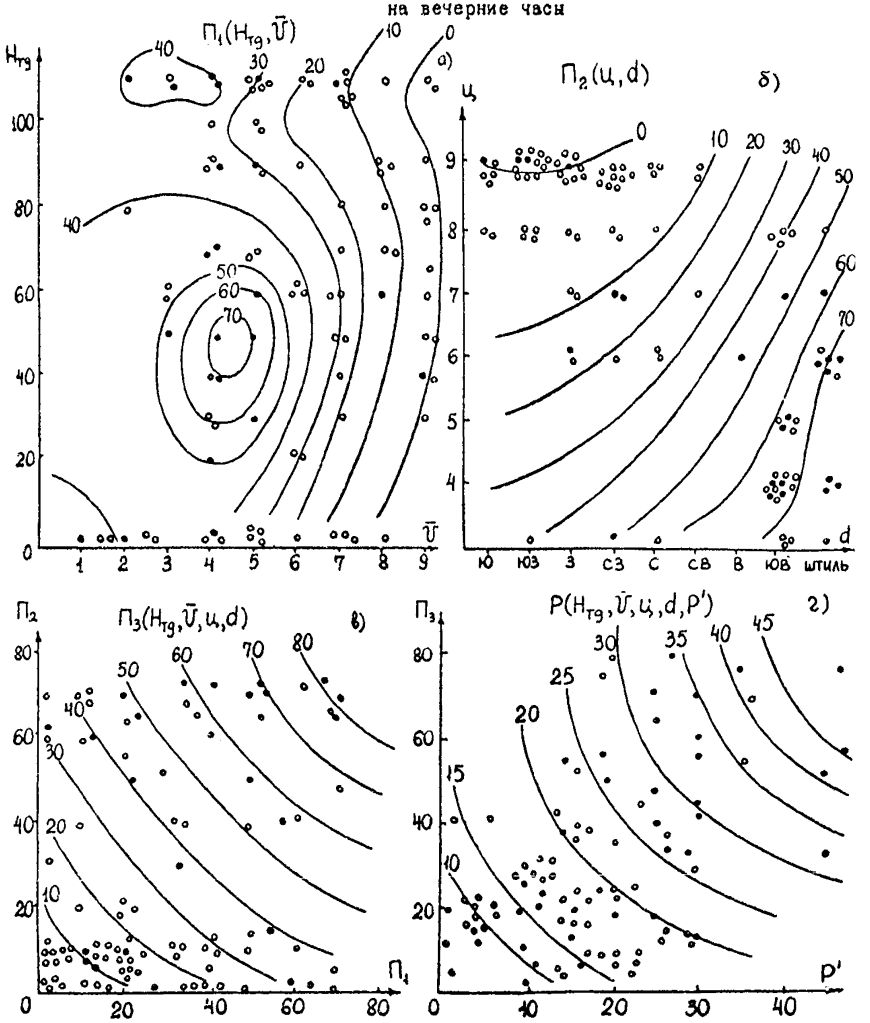
Схема прогноза загрязнения воздуха (на примере Москвы)
на дневные часы



○ - $P \geq 0{,}25$ ● - $P < 0{,}25$

Черт.7

Схема прогноза загрязнения воздуха (на примере Москвы)
на вечерние часы



Черт.8

Характер включения в схему предикторов виден из формул
Для дня

$$P = F\left\{\Pi_1(U_o, \Delta T), \Pi_2(d, Ц)\right], P'\} \qquad (8)$$

Для вечера

$$P = F\left\{[\Pi_1(\bar{U}, H_{тз}), \Pi_2(d, Ц)], P'\right\} \qquad (9)$$

Здесь Π_1 и Π_2 представляют собой повторяемость значений $P > 0{,}25$, $Ц$ - синоптическая ситуация, выраженная в баллах от 3 до 10 (см.табл.4). причем балл 3 приписывается ситуациям, с которыми в наибольшей степени связан высокий уровень, балл 10 - ситуациям,определяющим самый низкий уровень загрязнения.

В схеме для вечера в качестве предиктора взят $H_{тз}$.

По данным радиозонда за 15 ч в эту часть дня преобладают безинверсионные условия, при этом обнаруживается связь между P и $H_{тз}$. Перенос примесей описывается предиктором $\bar{U}$ - средней скоростью ветра в слое перемешивания. В утренние часы преобладают приземные инверсии. В таких условиях термическая устойчивость характеризуется предиктором ΔT, а скорость переноса примесей - U_o.

На графиках (см.черт.7 и 8) выявляются основные особенности влияния метеоусловий на загрязнение воздуха в данном конкретном городе (формирование высокого загрязнения в условиях застоя, при ветре юго-восточного направления, при определенных синоптических ситуациях и др.).

Величина Π_3 представляет собой комплекс 4-х метеорологических параметров - $U_o(\bar{U})$, $\Delta T(H_{тз})$, d, $Ц$, определяющий уровень загрязнения воздуха. В зоне с $\Pi_3 > 55$ повторяемость высоких значений P составляет 75%, за пределами этой зоны - 10%. Можно принять, что при $\Pi_3 > 55$ метеорологические условия способствуют формированию высокого уровня загрязнения воздуха.

Дополнительное включение в схему предиктора P' позволяет предсказывать величину параметра P и группу загрязнения воздуха (см.табл.1).

Оценка эффективности данной схемы, выполненная по использованному материалу, показала, что оправдываемость прогнозов относительно высокого загрязнения воздуха (1-й группы) составляет по схеме для дневных часов - 88%, для вечерних часов - 82%. Предупрежден-

ность случаев высокого загрязнения воздуха составила 91%.

2.5. Усовершенствованная схема прогноза загрязнения воздуха с использованием информативных комплексных предикторов

Данная схема разрабатывается для повышения эффективности прогнозов экстремально высоких уровней загрязнения воздуха. Особенностью этой схемы является включение в нее наиболее информативных комплексных предикторов, характеризующих влияние метеорологических условий на формирование высоких концентраций примесей в воздухе. Комплексные предикторы выделяются на основе теории информации. Они представляют собой линейные сочетания исходных предикторов.

Количество информации о высоком уровне загрязнения, содержащееся в предикторах X, записывается в виде:

$$J = -\int \ln P_B(X) \left[f(X) - f_B(X) \right] dX, \qquad (10)$$

где P_B - вероятность высокого загрязнения воздуха в зависимости от значений предикторов,

$f(X)$ - плотность вероятности распределения предикторов,

$f_B(X)$ - плотность вероятности распределения предикторов при высоком загрязнении воздуха.

Наиболее информативные линейные комбинации используемых предикторов ищутся в виде

$$\beta_j = \sum_{i=1}^{n} \alpha_{ji} X_i, \qquad (11)$$

где X_i - предикторы,

α_{ij} - постоянные коэффициенты,

n - количество предикторов.

Максимальную информацию о высоком загрязнении будет содержать линейная комбинация предикторов, при которой J достигает наибольшего значения. Ее поиск эквивалентен решению задачи на собственные значения $C\alpha - \lambda B\alpha$. Здесь C - матрица ковариации предикторов, B - матрица ковариации предикторов при высоком загрязнении воздуха, λ - собственные числа.

Информативными будут линейные комбинации предикторов, соответствующие большим I собственным числам λ. Наибольшую информацию несет линейная комбинация, соответствующая максимальному собственному числу. Количество таких линейных сочетаний равно числу исходных метеорологических предикторов. Практически оказывается достаточным включить в прогностические схемы только 2 комплексных предиктора, соответствующих наибольшим значениям λ.

Материалы наблюдений обрабатываются следующим образом. По всему набору рядов предикторов вычисляется матрица ковариаций C, затем выбираются только случаи, соответствующие высокому загрязнению воздуха ($P > 0,25$; $Q > 1,4$) и по этой выборке рассчитывается матрица ковариаций B. Далее находятся собственные числа λ_j и соответствующие им коэффициенты линейных комбинаций α_{ij}, где i - означает номер постоянного коэффициента, j - номер линейной комбинации. После этого вычисляются значения комплексных предикторов β_i. В дальнейшем используются только те из них, которым соответствуют собственные числа $\lambda > 1$, т.е. содержащие информацию о высоком загрязнении.

Для реализации этой задачи составлена программа на языке ГДР-алгол, расчет проводится на ЭВМ БЭСМ-6.

Ниже в качестве примера приводится прогностическая схема, включающая информативные комплексные предикторы, которая была составлена по материалам наблюдений в г.Чите за зимний сезон с использованием метода последовательной графической регрессии. В качестве первоначальных предикторов взяты U, T_0, ΔT и H_1 (обозначения даны в подразделе 2.2). В схему включены 2 первых комплексных предиктора β_1 и β_2. На основе выполненных расчетов было получено:

$$\beta_1 = 0,99\,U_5 - 0,1\,T_0 - 0,1\,\Delta T + 0,0002\,H_1,$$
$$\beta_2 = -0,04\,U_5 + 0,81\,T_0 - 0,59\,\Delta T + 0,0156\,H_1 \qquad (12)$$

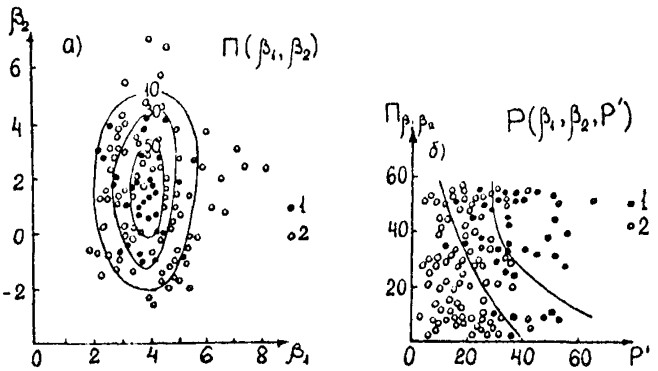
Дополнительно в схеме использован предиктор P', который не учитывался при расчете информативных комплексных предикторов.

На предварительном графике (чер.9а) проведены линии повторяемости значений $P \geq 0.30$. На окончательном графике (черт.9б) выделены 3 области, соответствующие 3-м группам загрязнения воздуха.

Испытание данной схемы на зависимом материале дало положительные результаты. Оправдываемость прогнозов высокого загрязнения воздуха ($P > 0.35$) составила 88%.

Прогностические схемы с использованием информативных комплексных предикторов разработаны также по материалам наблюдений в Донецке, где в качестве предикторов принимались средние по городу и за день концентрации сернистого газа и двуокиси азота, нормированные на среднесезонную величину (Q_{SO_2} и Q_{NO_2}). Оправдываемость прогнозов высокого загрязнения воздуха ($Q > 1.4$) составила соответственно 78% и 100%, а предупрежденность таких случаев - 82% и 86%.

Схема прогноза загрязнения воздуха с учетом информативности предикторов по отношению к максимальным концентрациям (на примере Читы)



I - $P \geqslant 0{,}30$
2 - $P < 0{,}30$

Черт. 9

2.6. Схема прогноза метеорологических условий загрязнения атмосферы.

Существо предлагаемой синоптико-статистической схемы прогноза заключается в использовании комплексного показателя метеорологических условий загрязнения воздуха (МУЗ), представляющего собой сумму предикторов, выраженных в баллах. Каждому из предикторов рекомендуется приписывать баллы от 3 до 10.

Величина МУЗ определяется по формуле

$$МУЗ = \sum_{i=1}^{n} Б_i, \qquad (13)$$

где $Б_i$ - предикторы, выраженные в баллах;

n - количество предикторов.

МУЗ может меняться от $3n$ до $10n$.

Чем ниже величина МУЗ, тем выше должен быть уровень загрязнения воздуха в городе.

В качестве примера приводится схема прогноза, разработанная для Москвы. Здесь используются следующие предикторы:

$Ц$ - характеристика синоптических процессов (циркуляционный фактор);

$Н_{тд}$ - высота слоя термодинамического перемешивания, характеризующая вертикальное перемешивание примесей.;

$\bar{v}$ - средняя скорость ветра в слое перемешивания, а при отсутствии этого слоя v_0 - скорость ветра у поверхности земли.

Направление ветра частично учитывается в циркуляционном факторе.

Эти предикторы должны быть получены или спрогнозированы (аналогично прогнозу погоды) на 12, 24 или 36 ч вперед.

Для данного случая

$$МУЗ = Ц + Н_{тд} + \bar{v}(v_0). \qquad (14)$$

При этом комплекс МУЗ меняется от 9 до 30.

Случаи наиболее высокого загрязнения связаны со слабым ветром и с наличием либо приземной инверсии, либо приподнятой инверсии, нижняя граница которой располагается непосредственно над источниками загрязнения.

В табл. 3 представлены условные числовые характеристики $Н_{тд}$

и $\bar{v}$ (v_0), а в табл. 4 - числовые значения для типов синоптических процессов.

Таблица 3

Числовые характеристики $H_{тд}$ и $\bar{v}(v_0)$

Цифры кода	Состояние атмосферы		
	Верхняя граница или толщина слоя $H_{тд}$		Значения $\bar{v}$ (v_0) м/с
	м	гПа	
3	300 и менее	30 и менее	0-3
4	400	40	4
5	500	50	5
6	600	60	6
7	700	70	7
8	800	80	8
9	900	90	9
I0	I000 и более	I00 и более	I0 и более

Примечание. Расчет производится от фактического или прогностического значения неприведенного давления.

Меньшие баллы придаются тем типам синоптических процессов, при которых отмечалась наибольшая повторяемость случаев высокого загрязнения атмосферы. Необходимо учитывать продолжительность стационирования того или иного барического образования или типа синоптического процесса над пунктом или районом прогноза.

Для Москвы цифрой 3 кодируются малоподвижные антициклоны и гребни, сместившиеся с юга. При этом, над районом прогноза они должны располагаться не менее полутора суток. Цифрой I0 кодируются такие синоптические ситуации, при которых высокое загрязнение атмосферы практически не наблюдается.

Составляя прогноз МУЗ, вначале прогнозируется каждый метеорологический параметр, затем каждый параметр кодируется в соответствии с табл. 3 и 4. Далее МУЗ определяются по формуле (I3). Для Москвы метеоусловия высокого загрязнения характеризуются значениями МУЗ 9-I3 для ночи и 9-I6 для дня.

Поскольку загрязнение атмосферы происходит не сразу после того, как сложились наиболее неблагоприятные метеорологические условия, целесообразно при оценке возможности формирования высокого уровня загрязнения атмосферы учитывать не только комплекс прогнозируемых МУЗ, но и их значения в предшествующий прогнозу промежуток времени. Период накопления примесей в разных городах может иметь различную продолжительность. Приближенно принято, что формирование высокого уровня загрязнения воздуха происходит, когда неблагоприятные метеоусловия удерживаются не менее двух сроков наблюдений, отстоя-

Таблица 4

Числовые характеристики Д, применительно к Москве

Цифры кода	Типы синоптических ситуаций
3	Малоподвижные антициклоны и гребни, сместившиеся с юга (продолжительностью I.5 суток и более
4	Западная периферия антициклона или гребня при траекториях из ю-в сект. при адвекции тепла в слое до I.5 км
5	I. Передняя часть циклона (ложбины) при траекториях из ю-в сектора при адвекции тепла в слое до I.5 км. 2. Размытые поля высокого и низкого давления с ветром переменных направлений продолжительностью более суток
6	Размытые поля высокого и низкого давления с ветром переменных направлений продолжительностью $< I$ суток
7	Периферии барических образований, продолжительность I.5 суток и более при ветре $\leq$ 4 м/с
8	Центры или периферии барических образований продолжительностью менее I.5 суток и ветре $\leq$ 4 м/с
9	Центры или периферии барических образований любой продолжительности и ветре $\geq$ 5 м/с
I0	I. Быстродвижущиеся барические образования или чередование ложбин и гребней 2. Ультраполярное или северное вторжение воздушной массы

щие друг от друга на 12 ч (например, в 03 ч и в 15 ч или в 15 ч и 03 ч следующих суток). Для условий Москвы принимается, что неблагоприятные метеоусловия должны сохраняться не менее 36 ч.

Если учитывать неодинаковый вклад каждого предиктора комплексного показателя МУЗ в накопление (рассеяние) примесей в атмосфере, то для расчета МУЗ может быть применен метод множественной линейной регрессии. В этом случае расчет МУЗ при трех предикторах в их условных значениях от 3 до 10 каждого для Москвы и других городов центральной части Европейской территории Советского Союза с близкой структурой выбросов можно производить по уравнениям (15) и (16) в холодный период года (ноябрь-март), по уравнениям (17) и (18) в теплый период года (апрель-октябрь).

$МУЗ=33,72-1,77Ц-0,10H_{тд}-0,36V$ День (15)

$МУЗ=35,58-1,54Ц-0,02H_{тд}-1,32V$ Ночь (16)

$МУЗ=32,49-1,80Ц-0,33H_{тд}-0,39V$ День (17)

$МУЗ=33,26-1,70Ц-0,28H_{тд}-0,35V$ Ночь (18)

В уравнениях: Ц-числовая характеристика типа синоптической ситуации, $H_{тд}$-толщина слоя перемешивания, $V = V_{пер.}$ - средняя скорость ветра в слое перемешивания, $V = V_0$ - скорость ветра у поверхности Земли при $H_{тд}=0$. Случайная ошибка (ошибка расчета по уравнениям) МУЗ по средним многолетним данным составляет примерно ±10. Метеоусловия высокого загрязнения ожидаются при рачетных значениях МУЗ более 20.

В табл. 5 приводится оправдываемость прогноза МУЗ (%) и предупрежденность (%) МУВЗ (метеоусловий высокого загрязнения), оцененных в диагнозе с учетом случайной ошибки на примере Москвы по формуле (14) и (15) - (18) в совокупности за год 1978-1981 гг. и 1982 г. (независимый ряд); (1978-1981 гг. - это период, за который получены коэффициенты в формулах (15) - (18), т.е. зависимый ряд). В табл. 5 оценки оправдываемости МУЗ и предупрежденности МУВЗ даны без учета продолжительности (см. раздел 6.3). Предупрежденность МУВЗ оценена по фактической величине параметра $P \geqslant 0,30$.

Таблица 5

Оценка оправдываемости (%) прогнозов МУЗ и предупрежденности (%) МУВЗ (на примере Москвы) без учета продолжительности

Характеристика ряда	Заблаговременность прогноза					
	12 ч		24 ч		36 ч	
Зависимый	ф-ла(I4)	ф-лы(I5)-(I8)	фл-ла(I4)	ф-лы(I5)-(I8)	ф-ла(I4)	ф-лы(I5)-(I8)
	Оправдываемость МУЗ					
	86	86	87	89	74	82
	Предупрежденность МУВЗ					
	87	87	78	80	60	67
Независимый	Оправдываемость МУЗ					
	67	70	83	83	40	47
	Предупрежденность МУВЗ					
	8I	82	76	76	63	67

Прогностические уравнения на основе модели множественной линейной регрессии получены по материалам наблюдений в Москве с использованием в качестве предикторов фактических значений метеорологических параметров. Предиктантом здесь является параметр Р. К метеорологическим параметрам относятся : толщина слоя перемешивания, скорость ветра у поверхности Земли и на АТ-925, числовая характеристика типа синоптической ситуации, температура воздуха у поверхности Земли и на АТ-925. Эти уравнения применимы в Москве и в других городах центральной части Европейской территории Советского Союза с близкой структурой выбросов вредных веществ в атмосферу.

Холодный период года:

I) при $H_{тд} > 10$ гПа:

$$P\,100 = 44{,}8P' - 0{,}05H_{тд} + 0{,}027\,\overline{V}_0^{925} + 9{,}3 \text{ день } R = 0{,}54 \quad (19)$$

2) при $\overline{H}_{тд} \leq 10$ гПа

$$P\,100 = 45{,}9P' - 1{,}29V_0 - 0{,}74\Delta T_0^{925} + 16{,}37 \text{ день } R = 0{,}90 \quad (20)$$

или:

$$P \cdot 100 = 28{,}3 - 2{,}8V_0 - 1{,}1\,\Delta\,T_0^{925} \text{ день } R = 0{,}75 \quad (21)$$

3) при $H_{тд} > 10$ гПа:

$$P\,100 = 55{,}3P' - 0{,}46\overline{V}_0^{925} - 0{,}13\,\Delta V_0^{925} + 0{,}06\,\overline{H}_{тд} - \quad (22)$$

$$-0{,}5Ц + 12{,}1 \qquad \text{Ночь } R = 0{,}52$$

4) При $\overline{H}_{тд} \leq 10$ гПа:

$$P \cdot 100 = 79{,}23P' - 0{,}77Ц + 0{,}15\,\Delta T_0^{925} - 0{,}31\,\Delta V_0^{24} + 0{,}24V_0 + 8{,}60$$

$$\text{Ночь } R = 0{,}73 \quad (23)$$

Теплый период года

1) При $\overline{H}_{тд} > 10$ гПа:

$$P \cdot 100 = 57{,}6P' + 0{,}31\Delta V_0^{925} - 0{,}02\overline{H}_{тд} - 0{,}42Ц + 9{,}92$$

$$\text{День } R = 0{,}61 \quad (24)$$

2) При $\overline{H}_{тд} \leq 10$ гПа:

$$P \cdot 100 = 58{,}6P' + 0{,}21\Delta V_0^{925} - 0{,}47Ц + 10{,}48$$

$$\text{День } R = 0{,}62 \quad (25)$$

3) При $\overline{H}_{тд} > 10$ гПа:

$$P \cdot 100 = 69{,}1P - 1{,}7\,\overline{V}_0^{925} - 0{,}47Ц_{пред.д.} + 0{,}16\,\overline{H}_{тд} + 9{,}6 \quad (26)$$

Ночь R =0,84 (26)

4) При $\bar{H}_{тд} \leqslant$ I0 гПа:

$$P \cdot I00 = 9I,2P' - 0,59Ц - 0,08\Delta T_o^{925} - 0,73\Delta V_o^{24} +$$

$$+0,02\,\bar{V}_o + 3,22 \qquad \text{Ночь } R = 0,76 \qquad (27)$$

В формулах (I9) - (27) используются следующие условные обозначения:

P - значение Р на период прогноза.

P' - ρ за день (ночь), предшествующий (ую) периоду прогноза;

$H_{тд}$ - средняя за день (ночь) толщина слоя перемешивания (м или гПа);

$\bar{V}_o^{925}$ - средняя скорость ветра в слое от поверхности Земли до AT_{925}, м/с ;

V_o - скорость ветра на высоте флюгера, м/с ;

ΔT_o^{925} - разность температуры воздуха у поверхности Земли и на AT_{925} (град);

ΔV_o^{925} - разность скорости ветра у поверхности Земли и на AT_{925}, м/с ;

Ц - числовая характеристика синоптической ситуации на срок прогноза;

$Ц_{пр.д.}$ - числовая характеристика синоптической ситуации предыдущего дня;

ΔV_o^{24} - изменение скорости ветра у поверхности Земли за сутки, м/с ;

R - коэффициент корреляции между прогностическими и фактическими значениями Р.

3. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ

3.1. Синоптический способ прогноза изобарической поверхности 925 гПа.

При отсутствии прогностической карты $АТ_{925}$ для района прогноза она упрощенно рассчитывается синоптическим способом на основании связи суточных изменений давления у поверхности земли (P_0) с изменениями геопотенциала изобарической поверхности 925 гПа (H_g) (черт. 10). По ожидаемому изменению P_0 определяется ΔHg и полученная величина суммируется, с учетом знака, с Hg на исходной карте $АТ_{925}$. Рассчитанная таким образом прогностическая карта $АТ_{925}$ используется для определения начальных точек траекторий при прогнозе температуры на этом уровне и дефицитов влажности, а также для прогноза ветра.

3.2. Прогноз температуры и дефицита влажности на уровне 925 гПа.

Прогноз температуры ($Т_{925}$) и влажности $(Т-Тd)_{925}$ составляется с учетом адвективных изменений, изменений вследствие упорядоченных вертикальных движений, трансформационных изменений и изменений обусловленных суточным ходом (при прогнозе с заблаговременностью 12 и 36 ч).

Для учета трансформационных изменений построены эмпирические графики для уровня $АТ_{925}$ гПа (черт. 11,12,13,14) графики трансформационных изменений ($\Delta T_{тр.}$) сделаны применительно к Москве. Однако, они могут быть использованы и для других городов Европейской территории СССР, расположенных в умеренных широтах.

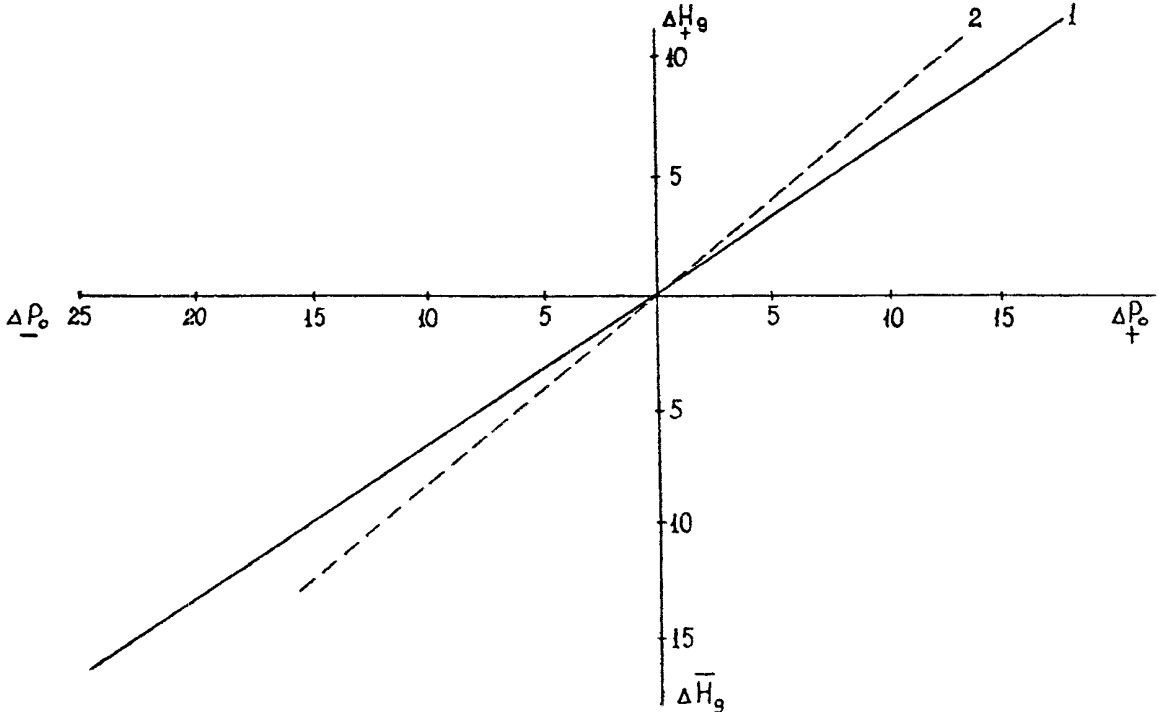
Прогноз температуры и дефицита влажности на изобарической поверхности 925 гПа при наличии графиков трансформационных изменений осуществляется следующим образом.

1) На текущий день (заблаговременность 12 ч):

По исходной карте $АТ_{925}$ за 03 ч мск общепринятым способом строим траекторию и определяем район, из которого переместится к 15 ч воздушная масса на район (пункт) прогноза, т.е. находим начальную точку траектории.

В начальной точке траектории с карты $АТ_{925}$ за 03 ч текущих

Связь между ΔP_o и ΔH_g

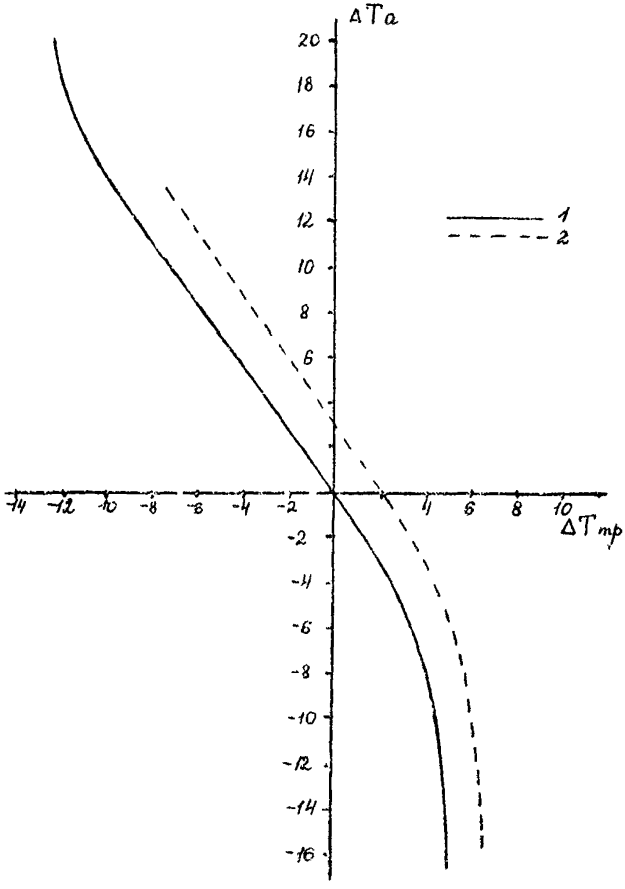


I –холодный период; 2– теплый период

Черт.10

Графики для определения трансформационных изменений температуры воздуха на уровне 925 гПа за сутки

Весна

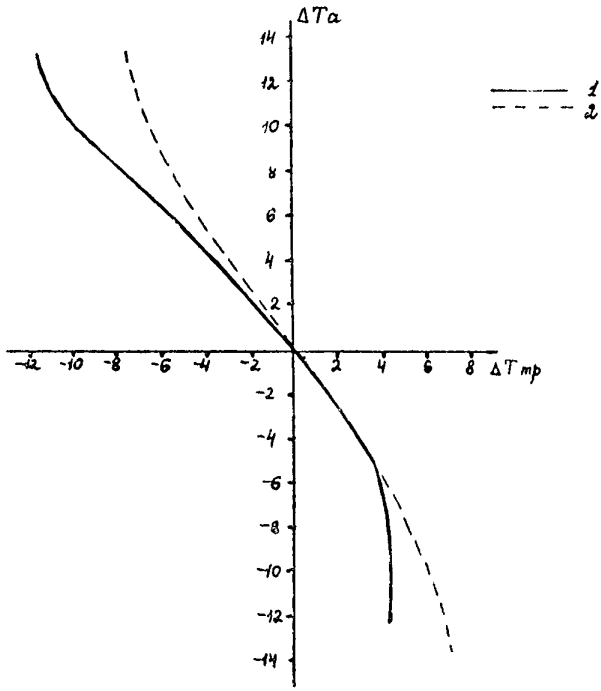


1 – облачно

2 – малооблачно

Черт. 11

Графики для определения трансформационных изменений температуры воздуха на уровне 925 гПА за сутки
Лето

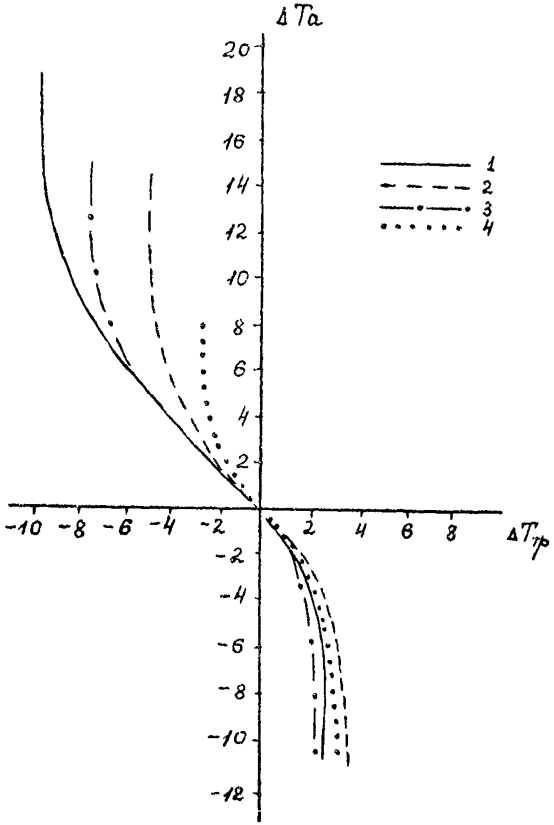


I - облачно
2 - малооблачно

Черт.12

Графики для определения трансформационных изменений температуры на уровне 925 гПа за сутки

Осень

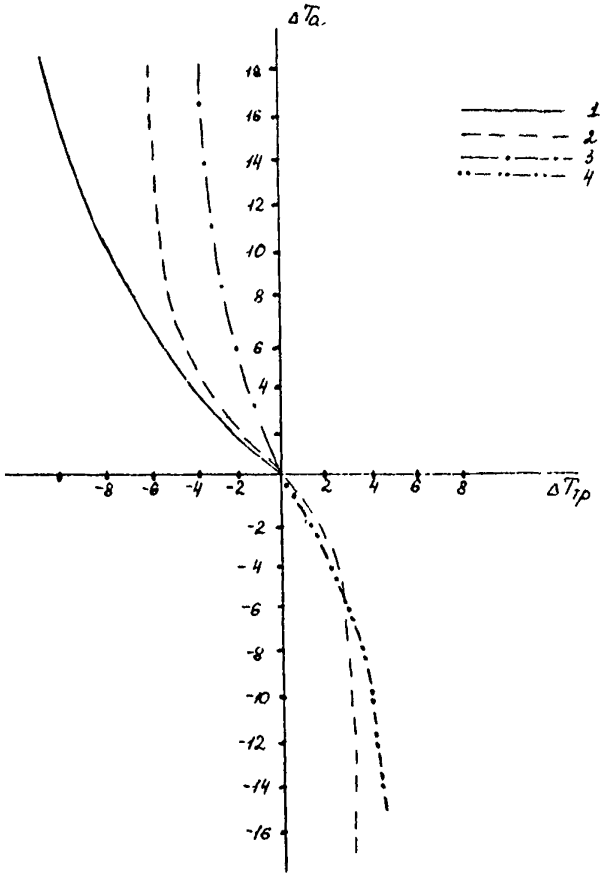


Облачно: I – ю, юв, юз
2 – с, сз, св, з, в
Малооблачно: 3 – ю, юв, юз
4 – с, сз, св, з, в

Черт. I3

Графики для определения трансформационных изменений температуры воздуха на уровне 925 гПа за сутки

Зима



Облачно: I – ю, юв, юз

2 – с, св, сз, з, в (независимо от облачности)

Малооблачно: 3 – ю, юв, юз

4 – ю, юв, юз (независимо от облачности

Черт. I4

суток снимаем адвективное значение температуры ($T_{aн}$) и вычисляем величину адвекции ΔT_a для пункта прогноза:

$\Delta T_a = T_к - T_{aн}$, где $T_к$ – исходная температура в конечной точке (пункт прогноза).

При $\Delta T_a \leq 2^{\circ}C$ прогнозируемая температура будет равна адвективному ее значению, но с учетом суточного хода (летом при малооблачной погоде он может достигать $3^{\circ}C$, а при пасмурном небе отсутствует).

Ожидаемая температура при $\Delta T_a > 2^{\circ}C$ будет складываться в пункте прогноза из адвективной температуры в начальной точке траектории, полученной с карты AT_{925} прошедших суток за 15 ч и трансформационной поправки, полученной с суточных трансформационных графиков (ΔT_a определяется с учетом T в 15 ч предшествующего дня).

Прогностическое значение дефицита влажности в пункте прогноза берется равным адвективной его величине.

2) На ночь следующих суток (заблаговременность 24 ч).

Для определения района, из которого переместится воздушная масса на пункт прогноза, общепринятым способом строится траектория: первый 12-часовой отрезок откладывается против потока по прогностической карте AT_{925} на 03 ч следующих суток, второй – по исходной карте AT_{925} за 03 ч текущих суток с учетом фактического ветра.

В полученной таким образом начальной точке траектории с исходной карты AT_{925} снимаем значение T и вычисляем. ΔT_a аналогично приведенному ранее.

При $\Delta T_a \leq 2^{\circ}C$ прогнозируемая температура будет равна адвективному ее значению.

$$T_{к_{24}} = T_{aн}$$

При $\Delta T_a > 2^{\circ}C$ по графикам, представленным для каждого сезона, в зависимости от направления переноса и облачности, определяется величина трансформационного охлаждения или нагревания ($\Delta T_{тр}$).

Ожидаемая температура в пункте прогноза определяется как

$$T_{к_{24}} = T_{aн} \pm \Delta T_{тр}.$$

Прогнозируемая величина дефицита влажности берется равной адвективному ее значению.

3) На день следующих суток (заблаговременность 36 ч).

В зависимости от направления переноса за 24 ч экстраполируется поле H_{925} на последующие I2 ч . При этом учитывается тенденция изменения барического поля от исходного срока в 03 ч к 03 ч следующих суток, графически участок экстраполируемого поля представляется на прогностической карте ΔT_{925}, рассчитанной на ночь следующих суток.

Определяется начальная точка траектории, которая строится тремя отрезками:

первый 6-часовой отрезок откладываем против потока вдоль изогипс проэкстраполированного поля H_{925} на 36 ч вперед;

второй I8-часовой отрезок - по прогностическому полю на 24 ч вперед;

третий I2-часовой отрезок - по исходной карте ΔT_{925} за 03 ч.

Если нет возможности построить участок карты ΔT_{925} на 36 ч вперед, то по карте на 24 ч вперед строится 24-часовой участок траектории, а I2-часовой - по данным исходной карты $_{925}$. Чтобы исключить учет суточного хода температуры по фактической карте ΔT_{925} за I5 ч предыдущих суток строится еще один участок I2-часовой траектории, в конечной точке которой и снимается T_a Таким образом, прогноз на 36 ч вперед как бы отожествляется с прогнозом на 48

При $\Delta T_a > 2^{\circ}C$ определяется $\Delta T_{пр}$ по приведенным чертежам.

При $\Delta T_a \leq 2^{\circ}C$ поправка на трансформационные изменения не вводится и прогностическое значение T_{925} будет равно эктивному ее значению в начальной точке траектории с учетом суточного хода.

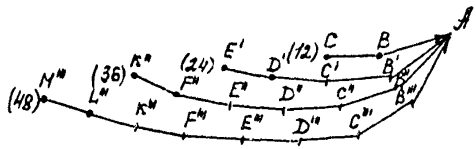
При отсутствии трансформационных графиков для уровня 925 гПа прогноз температуры и дефицита влажности на изобарической поверхности 925 гПа составляется на основе детального построения траектории (шагом по 6 ч) с последующим снятием вдоль нее температуры или дефицита влажности и их осреднением. При таком приеме трансформационные изменения учитываются автоматически.

Осреднение температуры и дефицитов влажности вдоль прогностических траекторий (черт. I5) на уровне 925 гПа следует производить по формулам:

$$T_{925_{12}} = \frac{T_C + T_B + T_A}{3}; (T-Td)_{925_{12}} = \frac{(T-Td)_C + (T-Td)_B + (T-Td)_A}{3};$$

$$T_{925_{24}} = \frac{T_E' + T_D' + T_C' + T_B' + T_A}{5};$$

Прогностическая траектория на I2, 24 и 36 ч



A – конечная точка траектории (пункт прогноза)
AB, BC ..... F'', K'' – 6-ти часовые отрезки траекторий

Черт.I5

$$T_{925_{36}} = \frac{\text{аналогично для } (T - T\alpha)_{925_{24}} \quad T_K'' + T_F'' + T_E'' + T_\infty'' + T_C'' + T_B'' + T_A}{7} ; \quad \text{аналогично для } (T - T\alpha)_{925_{36}}$$

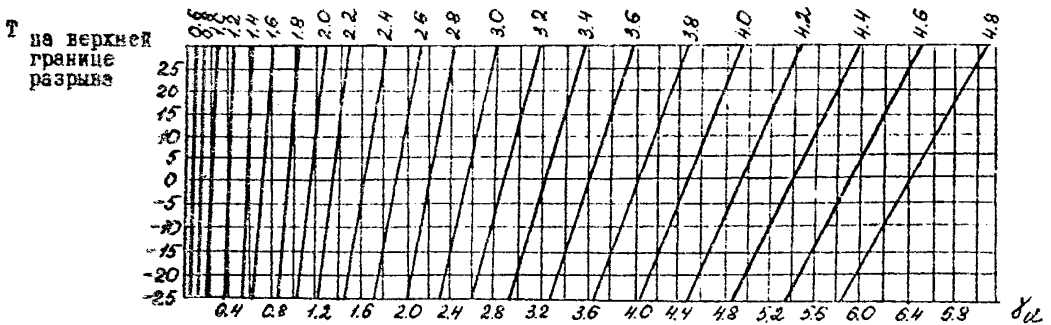
При уточнении температуры за счет упорядоченных вертикальных движений воздуха (τ) принимается $\tau_{925} \approx 0.5\,\tau_{850}$.

В практической работе для уточнения Т на уровне 925 гПа за счет τ рекомендуется: при восходящих τ подъем воздушной частицы с изобарической поверхности 925 гПа ограничивать, независимо от величины упорядоченных скоростей, высотой уровня конденсации с этой поверхности (аналогично и с изобарической поверхности 850 гПа); при нисходящих τ поправку к температуре не вводить.

При наличии „разрыва" скорости ветра в слое земля-850 гПа, т.е. значительного изменения скорости ветра (ΔV) в этом слое, проводится уточнение температуры на уровне 925 гПа. На основании прогнозов скорости ветра у поверхности земли и на поверхностях 925 и 850 гПа определяется, в каком слое (Δh) можно ожидать "разрыв" скорости ветра и спрогнозировать, на какую величину понизится температура воздуха на верхней границе слоя разрыва в связи с динамической турбулентностью. Для этого определяется вертикальный градиент скорости ветра ($\frac{\Delta V}{\Delta h}$ м/с на 100 м) в этом слое. По номограмме, представленной на черт. 16, находится термический эквивалент градиента ветра ($\gamma\alpha$). Наклонные линии на номограмме представляют линии равных значений с $\frac{\Delta V}{\Delta h}$, а по оси ординат отложена температура (Т) на верхней границе слоя "разрыва". Величина охлаждения определяется как $\Delta T = -(\gamma\alpha \cdot \Delta h)$. Значение ΔT используется для уточнения прогностической кривой стратификации т.е. отображается на ней участок "термодинамической кривой".

Чем больше будет ΔV и меньше Δh, тем на большую величину может охладиться воздух за счет динамической турбулентности. Такое охлаждение часто приводит к появлению приподнятых инверсий, которые становятся наиболее опасными, если располагаются над источниками выбросов вредных примесей.

Номограмма для определения γ_d - термодинамического эквивалента вертикального градиента вектора ветра



Черт.16

3.3. Определение толщины слоя перемешивания

Слоем перемешивания называется слой с положительной энергией неустойчивости, нижняя граница которого совпадает с земной поверхностью, а верхняя определяется как уровень пересечения кривой состояния с кривой стратификации.

Графически толщина слоя перемешивания определяется с учетом неприведенного давления на бланке аэрологической диаграммы (желательно увеличенном) в м или гПа как уровень пересечения кривой стратификации с кривой состояния. За нижнюю границу слоя перемешивания принимается поверхность земли, и если $H_{тд}$ выражено в гПа, то берется давление, неприведенное к уровню моря. Последнее обстоятельство особенно важно помнить, если $H_{тд}$ рассчитывается для пунктов, расположенных высоко над уровнем моря. При расчетах $H_{тд}$ по прогностическим кривым стратификации, для которых используется давление, снятое с прогностических приземных карт (т.е. приведенное к уровню моря), поправку на высоту станций можно определить приближенно, исходя из того, что изменение давления по вертикали на 10 гПа происходит в слое толщиной ~100 м.

Максимальная толщина слоя перемешивания на текущий день определяется по аэрологической диаграмме за утренний срок с учетом ожидаемой максимальной температуры воздуха.

Для оценки вклада слоя перемешивания в формирование метеорологических условий, способствующих загрязнению, недостаточно определять только экстремальные его значения, следует рассчитывать средний слой для дня и ночи.

Для расчета среднего слоя определяется его значение в отдельные сроки. Для этого на бланк аэрологической диаграммы наносятся данные радиозондирования в основные сроки. При этом устанавливается с учетом суточного хода температуры, в какой момент начнет появляться (исчезать) слой перемешивания и как будет меняться его толщина.

При определении степени устойчивости атмосферы и ее термодинамического состояния на текущий день большую помощь оказывают наблюдения за температурой и ветром на высотных метеокомплексах и телевизионных мачтах.

В тех случаях, когда на аэрологической диаграмме видна безразличная стратификация атмосферы или кривая состояния проходит не более, чем на 1° левее кривой стратификации, верхняя граница слоя перемешивания находится на той высоте, на которой эти условия нарушаются.

Расчет $H_{тд}$ по прогностическим кривым стратификации на 24 ч и 36 ч аналогичен расчетам на текущий день, но появляется необходимость учета изменений температуры, вызванных трансформацией, вертикальными движениями и вертикальными сдвигами ветра.

3.4. Прогноз ветра на изобарической поверхности 925 гПа и у поверхности земли.

На поверхности 925 гПа скорость ветра для пункта прогноза снимается по прогностическим градиентам геопотенциала, а направление определяется по направлению изогипс. Однако, для $АТ_{925}$ гПа нередко использование только градиентов геопотенциала при прогнозе скорости ветра оказывается недостаточным. Следует обращать особое внимание на район, прилегающий к начальной точке траектории, откуда перемещается воздушная масса. Если вблизи него наблюдается очень сильный ветер (мезоструя), то область такого ветра или передний край ее перемещается со скоростью, составляющей 0,5 геострофического ветра. Таким образом рассчитываем возможное время начала усиления ветра в пункте прогноза, если оказывается, что область сильного ветра охватит данный пункт.

Прогностическое значение скорости ветра у поверхности земли берется из прогнозов погоды общего пользования, а также и из специализированных прогнозов слабого ветра.

3.5. Определение средней скорости ветра в слое перемешивания ($\bar{V}$ пер).

Средняя скорость ветра в слое перемешивания рассчитывается или на основании данных о фактическом распределении ветра в этом слое или на основании прогнозов ветра различной заблаговременности у поверхности Земли и на уровнях 925 и 850 гПа.

Если на прогностических кривых стратификации верхняя граница $H_{тд}$ близка к изобарической поверхности 850 гПа, то $\bar{V}$ рассчитывается по формуле:

$$\bar{V} = \frac{V_0 + V_{925} + V_{850}}{3}$$

Если же она близка к уровню 925 гПа, то формула примет вид:

$$\overline{V} = \frac{V_з + V_{925}}{2}$$

При $H_{тр} = 0$ (от Земли до 30 гПа) учитывается только прогностическое значение скорости ветра у поверхности Земли ($V_з$).

Если верхняя граница $H_{тр}$ находится между изобарическими поверхностями 850 и 925 гПа или 925 гПа и поверхностью Земли, то скорость ветра на верхней границе слоя определяется путем линейной интерполяции между скоростями ветра на вышеуказанных уровнях.

3.6. Определение типа синоптической ситуации (Ц)

Тип синоптической ситуации (циркуляционный фактор) устанавливается по фактической приземной карте или по картам будущего положения приземного поля давления на 24 или 36 ч вперед.

Циркуляционный фактор оценивается качественно или кодируется по табл.4.

4. СОСТАВЛЕНИЕ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЙ О ПОВЫШЕНИИ УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУХА

Составляются 2 вида предупреждений о возможном формировании повышенного загрязнения воздуха: от одиночных источников и по городу в целом. Предупреждения составляются наряду с ежедневными прогнозами загрязнения атмосферы по мере возникновения угрозы, но не ранее чем за 24 ч до ожидаемого роста концентраций. Предупреждения передаются партийным и советским органам, на предприятия, являющиеся источниками загрязнения приземного слоя воздуха, контролирующим организациям (Государственной инспекции по охране атмосферы, СЭС, ГАИ и др.).

Основанием для передачи потребителям предупреждения или оповещения являются ожидаемые или уже наступившие неблагоприятные метеоусловия (НМУ), которым соответствуют определенные уровни загрязнения воздуха. В принципе, предупреждение дается, когда ожидаются концентрации примесей в воздухе, превышающие ПДК. Но если концентрации выше ПДК имеют место часто, то предупреждение (оповещение) составляется при ожидаемом (наступившем) относительно высоком уровне загрязнения воздуха, который превышает критический уровень, соответствующий установленным НМУ. Этот критический уровень определяется в каждом

конкретном городе. Его различия в разных городах связаны с неодинаковыми величинами среднего загрязнения. Для случая отдельного источника такому уровню соответствует $C_м$.

Составляются предупреждения трех степеней, которым соответствуют 3 режима работ промышленных предприятий.

Если высокий уровень загрязнения воздуха не был заранее предсказан из-за неправильного прогноза метеоусловий или значительного увеличения выбросов, то составляется оповещение о наступившем явлении. При этом сохраняются те же 3 степени.

Ниже рассматриваются критерии, в соответствии с которыми даются предупреждения одной из указанных степеней.

4.1. Составление предупреждений для отдельных источников

Предупреждения о повышенном загрязнении воздуха для отдельных источников выбросов составляются, когда ожидаются НМУ, при которых максимальные концентрации примесей в воздухе, создаваемые источником или группой источников, могут превышать $C_м$.

Предупреждения составляются независимо от того, расположен ли источник изолировано или в окружении других источников. Предсказываются и учитываются на основе расчетов только те концентрации, которые создаются обслуживаемым предприятием.

Предупреждение первой степени составляется, если предсказывается один из неблагоприятных комплексов метеоусловий, приведенных в I-м разделе, при этом ожидаются концентрации в воздухе одной или нескольких примесей выше ПДК.

Предупреждение второй степени составляется, если предсказывается осуществление двух неблагоприятных комплексов метеоусловий одновременно (например, приподнятая инверсия в сочетании с неблагоприятным направлением ветра при опасной скорости ветра $U_м$) когда ожидаются концентрации одной или нескольких примесей выше 3 ПДК.

Предупреждение третьей степени составляется в случае, когда после передачи предупреждения второй степени поступающая информация показывает, что при сохраняющихся метеорологических условиях принятые меры не обеспечивают необходимую чистоту атмосферы, при этом ожидаются концентрации в воздухе одной или нескольких примесей выше 5 ПДК.

Если обслуживаемое предприятие расположено в городе, где отсутствуют измерения концентраций примесей в воздухе, то предупреждения третьей степени не составляются.

4.2. Составление предупреждений по городу в целом

Основанием для составления предупреждений о высоком уровне загрязнения воздуха по городу в целом является ожидаемая величина обобщенного показателя.

При использовании в качестве такого показателя параметра устанавливается следующий порядок составления предупреждений.

Предупреждение первой степени составляется, если предсказывается $0,5 \geqslant P > 0,35$ и одновременно ожидаются концентрации в воздухе одной или нескольких примесей выше ПДК.

Предупреждение второй степени составляется в двух случаях:

1) если ожидается $P > 0,5$ и одновременного концентрации в воздухе одной или нескольких примесей выше 3 ПДК.

2) если после передачи предупреждений первой степени поступающая информация показывает, что принятые меры не обеспечивают необходимую чистоту атмосферы.

Предупреждение третьей степени составляется в том случае, если после передачи предупреждения второй степени опасности сохраняется высокий уровень загрязнения атмосферы, ожидаются сохранение неблагоприятного комплекса метеоусловий и концентрации в воздухе одной или нескольких примесей выше 5 ПДК.

Указанный принцип составления предупреждений сохраняется и при использовании других обобщенных показателей загрязнения воздуха по городу в целом. При этом предупреждение первой степени составляется, если ожидаются величины загрязнения воздуха, входящие в 10-процентную группу наибольших величин, второй степени - в 1-процентную группу наибольших величин. Сохраняется указанное выше условие составления предупреждения третьей степени.

При невозможности прогнозирования характеристик загрязнения воздуха по городу в целом (из-за отсутствия достаточных измерений для разработки прогностической схемы) основанием для составления предупреждения являются ожидаемые метеорологические условия высокого загрязнения воздуха, сохраняющиеся в течение не менее 12 ч. В данном случае составляются и передаются потребителям только предупреждения первой степени.

5. ТЕРМИНОЛОГИЯ И ОЦЕНКА ОПРАВДЫВАЕМОСТИ ПРОГНОЗОВ И ПРЕДУПРЕЖДЕНИЙ О ВЫСОКОМ УРОВНЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУХА

5.1. Терминология и оценка оправдываемости прогнозов и предупреждений о высоком уровне загрязнения воздуха для случая отдельных источников

Если неблагоприятные метеорологические условия не ожидаются, то прогноз записывается в следующей формулировке: "Высокое загрязнение воздуха от отдельных источников не ожидается". Такой прогноз записывается в журнал и потребителям не передается. Если прогнозируются неблагоприятные метеоусловия для одной из выделенных в городе групп источников или для отдельных предприятий (при малом числе обслуживаемых предприятий), то в журнал записывается ожидаемый комплекс параметров. Запись ведется в следующей формулировке: "25 января ожидается северо-восточный ветер 5-8 м/с, высота слоя перемешивания в течение дня (или в течение какой-то части дня) 200-400 м. Метеоусловия неблагоприятны для I-й группы источников". Далее записывается текст предупреждения, которое передается потребителям.

При большом количестве обслуживаемых предприятий предупреждение передается по радио в следующей формулировке: "На предприятиях, на которых проводится регулирование выбросов, с ... часов (дата) источники ... группы работают по режиму три (два, один)".

Если предупреждение передается непосредственно на предприятие с большим количеством источников, то сообщается и записывается в журнал следующий текст"с ... часов ... (дата) источники ... группы работают по режиму три (два, один). Если обслуживаемое предприятие представляет собой один источник, то сообщается: "с ... часов ... (дата) режим работы три (два, один).

Оценка оправдываемости прогнозов загрязнения воздуха от отдельных источников производится двумя градациями: оправдалось и не оправдалось. Прогнозы отсутствия неблагоприятных метеоусловий считаются оправдавшимися, когда такие условия не наблюдались. При оценке метеорологических условий высокого загрязнения воздуха необходимо оценить оправдываемость прогноза каждого элемента в отдельности. Прогноз направления и скорости ветра, а также туманов оценивается в соответствии с Наставлением по службе прогнозов, раздел 2, части Ш, IУ, У, Гидрометеоиздат,

М., 1978 и "Методическими рекомендациями по составлению и оценке специализированных прогнозов слабого ветра и предупреждению об опасном слабом ветре", введенными в действие Госкомгидрометом в 1983 году. Прогноз высоты слоя перемешивания или высоты нижней границы приподнятой инверсии считается оправдавшимся, если фактическая высота отличается от предсказанной не более, чем на 200 м. Прогноз в целом считается оправдавшимся, если наблюдаются соответствующие градации не менее двух метеорологических элементов из ожидаемого комплекса. Исключения составляют случаи, когда при расположении объекта за пределами или на окраине города не имеет место ожидаемое направление ветра. При этом прогноз считается неоправдавшимся, независимо от осуществления других условий. Прогноз высокого загрязнения воздуха получает оценку "оправдался", когда отклонение наступления неблагоприятных метеоусловий во времени не превысило допустимые пределы. Оценка наступления явления в ожидаемые сроки проводится в соответствии с Наставлением по службе прогнозов, раздел 2, часть Ш, IУ, У, Гидрометеоиздат, М., 1978.

5.2. Терминология и оценка оправдываемости прогнозов метеорологических условий загрязнения воздуха по городу в целом

Метеорологические условия загрязнения представляются либо в баллах по комплексному показателю рассматриваемых предикторов, либо в процентах по повторяемости высоких значений параметра P (или другой обобщенной по городу характеристики загрязнения) при определенных сочетаниях различных метеопараметров.

В первом случае метеоусловия высокого загрязнения воздуха будут выражаться малой суммой баллов, пределы величины которой устанавливаются по материалам наблюдений в конкретных городах. Например, в Москве эта величина составляет для ночи от 9 до 13, для дня - от 9 до 16.

Во втором случае метеоусловия высокого загрязнения воздуха будут выражаться повторяемостью 55-100% (определение этой повторяемости для условий г.Москвы проводится по графикам на черт. 7 и 8).

Прогноз метеорологических условий загрязнения в соответствии с суммой баллов или повторяемостью высоких значений обоб-

щенного по городу показателя загрязнения воздуха дается одной из трех формулировок:

ожидаются метеоусловия высокого загрязнения воздуха

ожидаются метеоусловия, определяющие увеличение загрязнения воздуха

метеоусловия высокого загрязнения не ожидаются.

Условия, при которых дается та или иная формулировка прогноза по комплексному показателю НЗ в Москве, приведены в табл.6.

Таблица 6

Терминология прогнозов по комплексному показателю МУЗ на примере Москвы

	Терминология прогноза	Условия, при которых дается формулировка прогноза
I	Ожидаются метеоусловия высокого загрязнения	Если значения МУЗ на срок прогноза и предшествующие ему I2 и 24 ч составляют на ночь 9-I3; на день - 9-I6 или соответствуют повторяемости высоких значений параметра P 55-I00%
2	Ожидаются метеоусловия увеличения загрязнения	Если значения МУЗ на срок прогноза и в предшествующие ему I2 ч составляют на ночь 9-I3; на день - 9-I6 или соответствуют повторяемости высоких значений параметра P 55-I00%
3	Метеоусловия высокого загрязнения не ожидаются	Если значения МУЗ на срок прогноза или в предшествующие ему I2 ч составляют ночью I4-30, днем - I7-30 или соответствуют повторяемости высоких значений параметра P менее 55%.

Таблица 7

Оценка оправдываемости прогнозов МУЗ

	Текст прогноза	Оправдываемость прогнозов МУЗ, %		
		100	50	0
1	Ожидаются метеоусловия высокого загрязнения	I	II	III
2	Ожидаются метеоусловия увеличения загрязнения (II)	II	I	III
3	Метеоусловия высокого загрязнения не ожидаются (III)	III	II	I

Примечание. Оценка прогнозов может быть проведена без учета продолжительности метеоусловий высокого загрязнения воздуха. В этом случае прогноз считается оправдавшимся при совпадении прогнозируемых и фактических значений МУЗ с учетом допуска, равного ошибке прогноза ($\pm$1 балл при использовании формулы 14 и $\pm$10 при использовании формул 15-27)

При оценке прогнозов МУЗ используется три значения оправдываемости: 100%, 50%, 0%. Оценка проводится в соответствии с табл.7.

Предупрежденность метеоусловий высокого загрязнения воздуха рассчитывается по этой же таблице, но с учетом фактически наблюдавшихся случаев с данным явлением.

5.3. Терминология и оценка оправдываемости прогнозов загрязнения воздуха и предупреждений о его высоком уровне по городу в целом.

Прогнозируется одна из трех групп загрязнения воздуха, приведенных в табл.2. При определении группы в качестве показателя загрязнения воздуха принимается параметр P или осредненная за день и по всему городу концентрация примеси, нормированная на среднесезонную величину концентрации (Q).

Прогноз дается в следующей формулировке: "Завтра (сегодня) (дата) ожидается третья (вторая, первая) группа загрязнения воздуха". В случае, когда предсказывается I-я группа, одновременно в соответствии с подразделом 4.2 составляется предупреждение, которое относится ко всем низким наземным источникам выбросов вредных веществ в атмосферу. Предупреждение передается потребителям. Его формулировка приводится в подразделе 5.I.

Оценка оправдываемости прогнозов загрязнения воздуха по городу в целом и их эффективности с использованием критерия Багрова проводится в соответствии с "Методическими указаниями по прогнозу загрязнения воздуха в городах", 1979.

При оценке оправдываемости прогнозов загрязнения следует учитывать проводятся ли в городе мероприятия по регулированию выбросов. Если таковые не проводятся, то при оценке прогнозов учитываются фактически наблюдавшиеся значения параметра P или другого обобщенного показателя загрязнения воздуха в городе. Если же регулирование выбросов носит массовый характер и приводит к заметному снижению загрязнения, то при прогнозе I-й группы, фактически наблюдавшиеся величины P заменяются его возможными значениями, соответствующими осуществившемуся комплексу метеорологических факторов.

ПРИЛОЖЕНИЕ I
рекомендуемое

УЧЕТ РАЙОНИРОВАНИЯ ОБСЛУЖИВАЕМОЙ ТЕРРИТОРИИ ПРИ ПРОГНОЗИРОВАНИИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУХА (НА ПРИМЕРЕ УЗБЕКИСТАНА)

При выполнении работ по прогнозу загрязнения воздуха на значительной территории, на которой расположен ряд городов и большое количество предприятий, рекомендуется проводить предварительное районирование обслуживаемой территории. При наличии такого районирования для каждого из выделенных районов устанавливается свой подход к составлению схем прогноза и к организации работ по защите атмосферы от загрязнения в периоды неблагоприятных метеоусловий.

При районировании учитываются следующие характеристики:

рельеф,

концентрация источников выбросов,

метеорологический потенциал загрязнения воздуха,

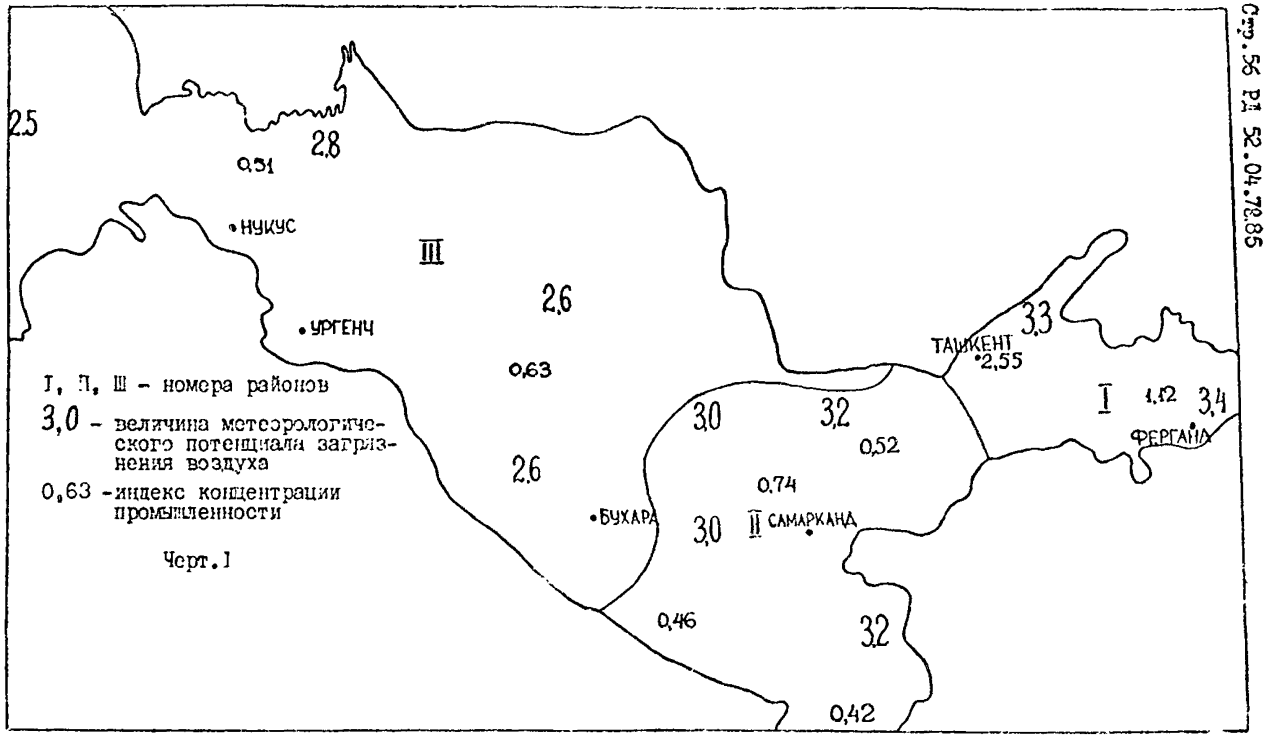
параметр потребления воздуха,

уровень загрязнения воздуха.

В Узбекистане оказалось целесообразным выделить 3 района (черт.I).

Первый район характеризуется большим дефицитом рассеивающих свойств атмосферы, очень высоким потенциалом загрязнения атмосферы (более 3,3), значительной концентрацией промышленности (индекс более I). Уровень загрязнения воздуха практически по всем измеряемым примесям существенно превышает средний уровень по республике. Для этого района прогнозирование производится с учетом взаимного влияния многочисленных, близкорасположенных источников выбросов в целом по промышленной области. Схема прогноза загрязнения воздуха разработана с использованием метода множественной графической регрессии, где в качестве предиктанта принят параметр P, рассчитанный по всем пунктам наблюдений, имеющимся в регионе. В качестве предикторов используются метеорологические параметры одного из городов, в данном случае, г.Ташкента. Схема разработана для отдельных примесей и их совокупности.

Районирование территории Узбекистана в связи с прогнозированием загрязнения воздуха



Черт. 1

Наряду с прогнозом фонового уровня загрязнения воздуха, производится прогнозирование для отдельных крупных источников, для каждого из которых, исходя из параметров выбросов, определяется комплекс метеорологических условий, способствующих загрязнению воздуха.

Второй район (см.черт.I) характеризуется высоким потенциалом загрязнения воздуха (от 3,0 до 3,3), небольшим резервом рассеивающих свойств атмосферы по ряду примесей, промышленностью, сосредоточенной в городах, уровнем загрязнения воздуха, близким к среднему по республике. В таких условиях оказалось целесообразным составлять прогноз фонового загрязнения воздуха в городах и одновременно прогноз для отдельных крупных источников выбросов. Схема прогноза загрязнения воздуха по городу в целом, основанная на связях между метеорологическими условиями и параметром P, разрабатывается для одного из городов, имеющего наибольший объем наблюдений. Поскольку климатические условия однородны, а структура выбросов в городах близка, то разработанная схема с небольшими уточнениями в виде качественных рекомендаций, применима и в других городах района.

3-й район охватывает большую равнинную территорию Узбекистана. Он характерен наибольшим резервом рассеивающих свойств атмосферы, небольшим потенциалом загрязнения и рассредоточенной промышленностью. С таком районе целесообразно проводить работы по прогнозированию загрязнения воздуха только для отдельных крупных источников. Для каждого из них, по параметрам выбросов определяется комплекс метеорологических условий, способствующих загрязнению воздуха, определяется опасное направление переноса вредных примесей. В дополнение используются качественные рекомендации по прогнозу метеорологических условий загрязнения воздуха.

Предварительное районирование обслуживаемой территории является полезным при организации работ по прогнозированию загрязнения воздуха для всей обслуживаемой территории из единого прогностического центра.

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

1. Прогнозирование загрязнения воздуха для совокупности источников, расположенных на большой территории, с учетом влияния высоты источников и метеопараметров ... 2
2. Рекомендации для прогнозирования загрязнения воздуха по городу в целом ... 4
2.1. Рекомендации по разработке прогностических схем ... 4
2.2. Выбор предикторов ... 7
2.3. Процедура разработки схем прогноза загрязнения воздуха в городе методом последовательной графической регрессии ... 9
2.4. Дополнительные рекомендации для разработки схемы прогноза загрязнения воздуха методом последовательной графической регрессии ... 16
2.5. Усовершенствованная схема прогноза загрязнения воздуха с использованием информативных комплексных предикторов ... 23
2.6. Схема прогноза метеорологических условий загрязнения атмосферы ... 26
3. Прогнозирование метеорологических условий загрязнения атмосферы ... 33
3.1. Синоптический способ прогноза изобарической поверхности 925 гПа ... 33
3.2. Прогноз температуры и дефицита влажности на уровне 925 гПа ... 33
3.3. Определение толщины слоя перемешивания ... 44
3.4. Прогноз ветра на изобарической поверхности 925 гПа и у поверхности Земли ... 45
3.5. Определение средней скорости ветра в слое перемешивания ... 45
3.6. Определение типа синоптической ситуации ... 45
4. Составление предупреждений об опасном уровне загрязнения воздуха ... 46
4.1. Составление предупреждений для отдельных источников ... 47
4.2. Составление предупреждений по городу в целом ... 48

Стр.

5. Терминология и оценка оправдываемости прогнозов и предупреждений о высоком уровне загрязнения воздуха 49
5.1. Терминология и оценка оправдываемости прогнозов и предупреждений о высоком уровне загрязнения воздуха 49
5.2. Терминология и оценка оправдываемости прогнозов метеорологических условий загрязнения воздуха по городу в целом 50
5.3. Терминология и оценка оправдываемости прогнозов загрязнения воздуха и предупреждений о его высоком уровне по городу в целом 54
Приложение I. Учет районирования обслуживаемой территории при прогнозировании загрязнения воздуха (на примере Узбекистана)..... 55

Ртп.ГГО.17,07.86.Зак.185.Т.300.Цена 30 коп.

gost.e-ecolog.ru