

Просьба ссылаться на эту статью в русскоязычных источниках следующим образом:

Ушаков М.В. Современные изменения термического режима вегетационного и зимнего периодов на Чукотке // Географический вестник = Geographical bulletin. 2017. №2(41). С.81–91. doi 10.17072/2079-7877-2017-2-81-91

Please cite this article in English as:

Ushakov M.V. Modern changes of thermal regime of the vegetation and winter periods in Chukotka // Geographical bulletin. 2017. № 2(41). P. 81–91. doi 10.17072/2079-7877-2017-2-81-91

УДК 551.5:504.3.054

Т.В. Костарева

УЧЕТ ВЛИЯНИЯ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ПРИ РАЗРАБОТКЕ СХЕМ ПРОГНОЗА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУХА В ГОРОДАХ ПЕРМСКОГО КРАЯ

*Пермский государственный национальный исследовательский университет,
г. Пермь*

В статье представлен анализ влияния метеорологических факторов на уровень загрязнения воздуха в городах Пермского края. Рассмотрены наиболее значимые метеорологические факторы: направление и скорость ветра, скорость ветра в сочетании с устойчивостью атмосферы, температура воздуха, условия застоя воздуха, осадки и инерционный фактор. В результате исследований подтвержден ряд известных связей. В то же время обнаружены новые эффекты, которые также соответствуют физическим представлениям о процессе распространения примесей в городах. Выявлено, что если штиль не сопровождается устойчивой стратификацией, то загрязнение воздуха является относительно пониженным. Показаны некоторые особенности влияния осадков на уровень загрязнения воздуха. Уточнено влияние температуры в слое 0Т500/1000 в зимний и летний периоды в городах края. Также обнаружено влияние инерционного фактора на загрязнение воздуха. Важным, с точки зрения разработки статистических схем прогноза, является учет зависимостей влияния метеорологических факторов на загрязнение воздуха в городах, полученных при анализе фактического материала наблюдений.

Ключевые слова: уровень загрязнения воздуха, метеорологический фактор, параметр Р, схемы прогноза загрязнения воздуха, предикторы.

T.V. Kostareva

THE INFLUENCE OF METEOROLOGICAL FACTORS ON FORECASTING AIR POLLUTION IN CITIES AND TOWNS OF THE PERM REGION

Perm State University, Perm

The paper analyzes the influence of meteorological factors on the air pollution level in the cities and towns of the Perm region. The most important meteorological factors are considered, including wind velocity and direction, wind velocity combined with atmospheric stability, air temperature, the facts of air stagnation, and precipitation. As a result of the study, a number of known relations have been confirmed. At the same time, some new effects have been found, which are also in accordance with physical notions concerning the process of pollution diffusion in the cities and towns of the Perm region. It has been revealed, for instance, that if calm is not combined with a stable stratification, the urban air pollution is relatively low. Some peculiarities of precipitation influence on air pollution have been obtained. The influence of temperature in the layer of 500/1000 m in the summer and winter times in the cities and towns of the Perm region has been specified. It has been found that the factor of inertia greatly affects air pollution. In terms of developing statistical forecasting procedures, it is important to take into account the dependencies showing influence of meteorological factors on air pollution that were obtained due to the analysis of the observational material.

Key words: level of air pollution, meteorological factor, parameter P, forecasting of air pollution level, predictors.

doi 10.17072/2079-7877-2017-2-91-99

Введение

Основой для решения задачи прогноза загрязнения воздуха являются результаты анализа метеорологических условий, с которыми связано формирование относительно высоких концентраций примесей. Научный подход к решению данной задачи предусматривает учет закономерностей распространения примесей в атмосфере и особенностей влияния метеорологических факторов на уровень загрязнения воздуха в конкретных городах.

Перенос и рассеивание примесей, поступающих в атмосферу, осуществляются по законам турбулентной диффузии, а время сохранения примесей в атмосфере зависит от множества факторов, доминирующее значение среди которых принадлежит метеорологическим условиям. Кроме того, в атмосфере происходят гравитационное оседание крупных частиц, химические и фотохимические реакции между различными веществами, перенос их на значительные расстояния и вымывание из атмосферы осадками. Очевидно, что под метеорологическими факторами понимаются скорость и направление ветра, устойчивость атмосферы, слои инверсии и изотермии, температура воздуха, облачность, туманы, инерционный фактор и др. Под влиянием всех этих факторов при постоянных выбросах вредных веществ уровень загрязнения приземного слоя может колебаться в очень широких пределах. Если при этом изменяется количество выбросов, то уровень загрязнения может увеличиться (или уменьшиться) в десятки раз. В связи с этим решение задачи сохранения чистоты атмосферного воздуха в городах в значительной степени зависит от понимания роли метеорологических условий и правильного учета способности атмосферы рассеивать и удалять поступающие в нее вредные вещества [1; 2; 4].

Результаты и их обсуждение

Уровень загрязнения воздуха в рассматриваемых городах характеризовался параметром P , который является частотной интегральной характеристикой загрязнения воздуха в городе. Параметр P указывает, какая часть от общего числа измеренных за день в городе концентраций составляют их существенно повышенные значения [5; 7]. Параметр P является более надежной и значимой в статистическом отношении характеристикой, чем единичные значения концентраций примесей в воздухе. Временные изменения концентраций могут наблюдаться по случайным причинам, в том числе за счет случайных колебаний количества поступающих в атмосферу выбросов.

Рассмотрим влияние таких важных метеорологических факторов, как направление и скорость ветра, скорость ветра в сочетании с устойчивостью атмосферы, температура воздуха, условия застоя воздуха, осадки, а также инерционный фактор

Направление ветра. Влияние направления ветра на содержание примесей в воздухе в жилых кварталах наиболее четко прослеживается, когда источники выбросов вредных веществ расположены за городом. Однако связи между загрязнением воздуха в городе и направлением ветра могут быть неоднозначными даже в этом простом случае. Поток воздуха может быть искажен под влиянием сложного рельефа, водоемов, а также непосредственным тепловым воздействием крупных промышленных комплексов. Неблагоприятные направления ветра могут выявляться и при равномерном расположении источников на территории города за счет различных эффектов наложения выбросов. В отдельных городах, имеющих форму, близкую к прямоугольнику или эллипсу, загрязнение воздуха повышено, когда ветер направлен вдоль этого прямоугольника или большей оси эллипса. Это проявляется и при рассмотрении влияния направления ветра на уровень загрязнения приземного слоя в городах Пермского края.

Город Пермь расположен по берегам Камы и имеет вытянутую форму с северо-востока на юго-запад. Городская застройка вытянута вдоль берега реки более чем на 50 км. Основной промышленный узел расположен юго-западнее города. Здесь находятся такие предприятия нефтепереработки, как ООО «Лукойл-Пермнефтеоргсинтез», ООО «Пермнефтегазпереработка», ЗАО «Сибур-Химпром», ОАО «Минеральные удобрения», ТЭЦ-9. Южный промышленный узел дает до 80% всех выбросов в городе. И, безусловно, при юго-западном ветре жилая зона города, расположенная северо-восточнее промышленного комплекса, загрязняется более интенсивно, чем при других направлениях ветра (рис. 1,а).

В зимний период в Перми (рис. 1,б) максимум отмечается при северо-восточном направлении ветра и, по-видимому, он связан с наибольшим наложением выбросов. Пониженное загрязнение атмосферы отмечается при северном направлении ветра.

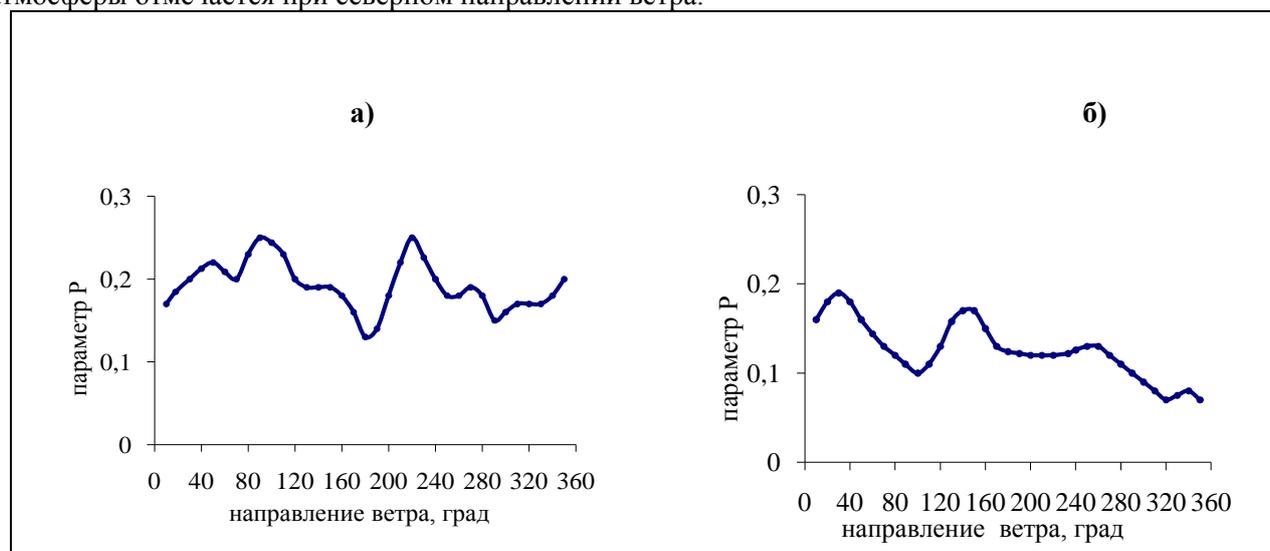


Рис. 1. Зависимость параметра Р от направления ветра у земли в г. Перми:
а – летний период; б – зимний период

Город Березники окружен кольцом промышленных предприятий и при любом направлении ветра жилые районы города оказываются под влиянием выбросов этих предприятий. Поскольку основная промышленная зона расположена на севере и северо-западе по отношению к городу, поэтому неблагоприятное направление ветра для города – северное и северо-западное. Наибольшее загрязнение воздуха серной кислотой, сероуглеродом, фенолом, аминами, диоксидом азота наблюдается в северо-западном районе города. По данным подфакельных наблюдений на расстоянии 1 км от предприятий отмечались концентрации серной кислоты – 10 ПДК, на расстоянии 2 км концентрации аминов – 17 ПДК, на расстоянии 3 км концентрации диоксида азота – 14 ПДК.

В результате анализа связей в г. Соликамске было установлено, что в летний период наибольшее загрязнение воздуха наблюдается при западном, северо-западном ветре, пониженное загрязнение – при северном и южном ветре (рис. 2). В зимний период максимальное загрязнение воздуха отмечается при ветре южной четверти, а минимальное – при восточном и северо-восточном ветре.

В целом в городах края зависимость загрязнения воздуха от направления ветра соответствует характеру расположения источников и эффекту наложения выбросов.

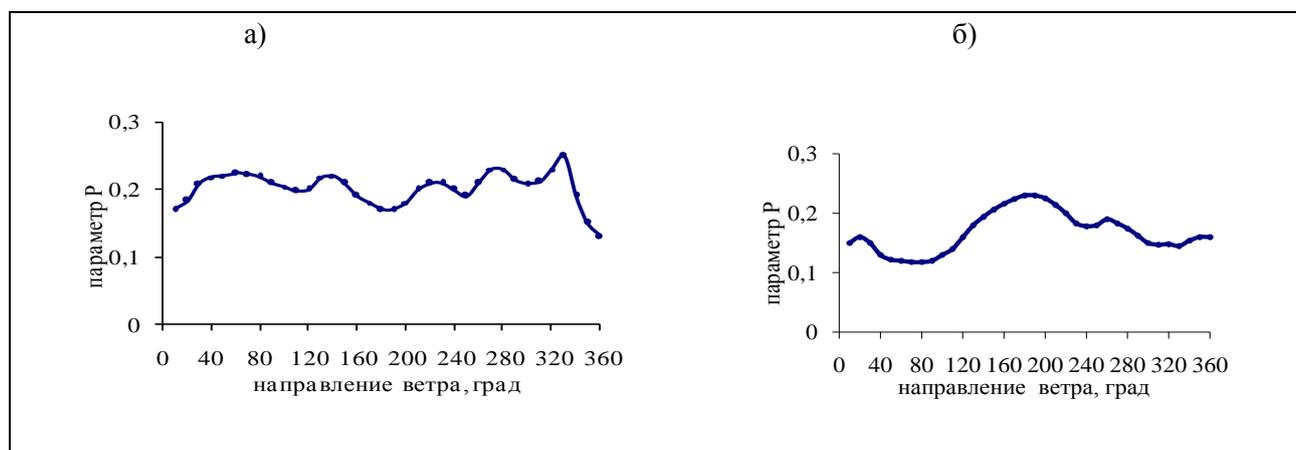


Рис. 2. Зависимость параметра Р от направления ветра у земли в г. Соликамске: а – летний период;
б – зимний период

Скорость ветра в сочетании с устойчивостью атмосферы. По данным некоторых зарубежных авторов [11; 12] загрязнение воздуха обратно пропорционально скорости ветра. Влияние

данного фактора на концентрацию примесей в городском воздухе проявляется двояким образом. С одной стороны, усиление ветра способствует рассеиванию примесей в атмосфере, с другой – при усилении скорости от 4 до 7 м/с наблюдается увеличение загрязнения атмосферы за счет влияния высоких источников. При штиле увеличивается загрязнение воздуха за счет выбросов многочисленных низких источников. В то же время ослабление ветра обуславливает увеличение подъема перегретых выбросов, который особенно значителен при штиле, и, следовательно, приводит к уменьшению приземных концентраций. Особенно это характерно для одиночных источников с горячими выбросами. Эти закономерности полностью проявились при анализе загрязнения воздуха в городах Пермь и Соликамск. Обнаружено два максимума концентраций в зависимости от скорости ветра на уровне флюгера – при штиле и при скорости ветра 4–6 м/с как в летний, так и в зимний периоды (рис. 3, 4).

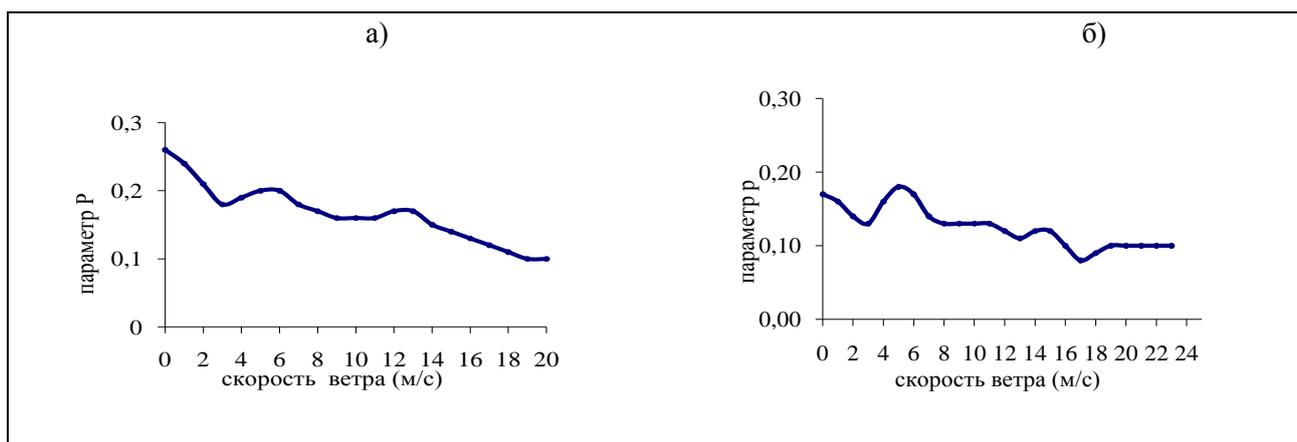


Рис. 3. Зависимость параметра Р от скорости ветра у земли в г. Перми:
а – летний период; б – зимний период

Первый максимум обусловлен действием низких источников и автотранспортом, создающих общий фон загрязнения воздуха в этих городах. Второй максимум обусловлен мощными выбросами высоких источников, для которых опасная скорость ветра равна 4–6 м/с.

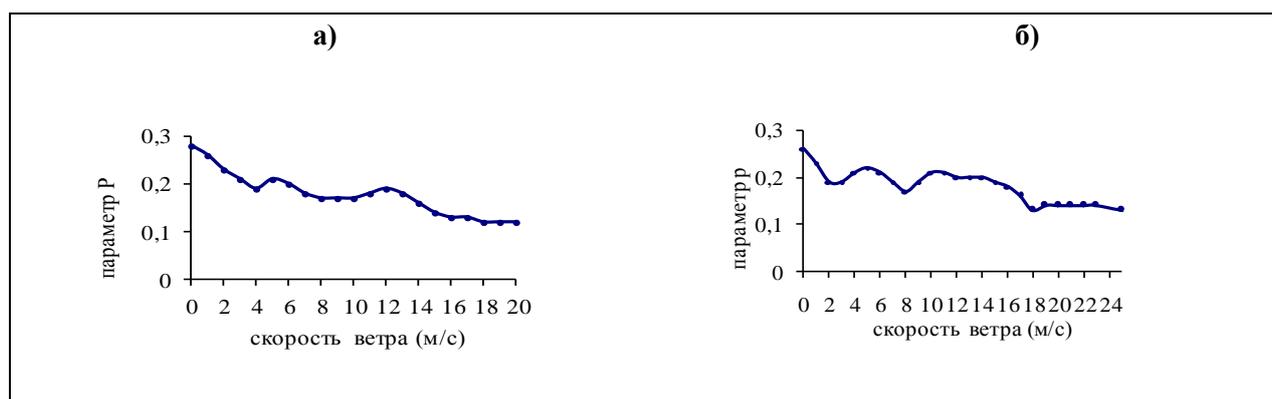


Рис. 4. Зависимость параметра Р от скорости ветра у земли в г. Соликамске:
а – летний период; б – зимний период

Вышесказанный вывод подтверждается при рассмотрении связи между загрязнением воздуха и скоростью ветра отдельно при различных состояниях устойчивости атмосферы. Когда при штиле отсутствует приземная инверсия, по городу в целом отмечается относительно пониженное загрязнение воздуха (табл. 1).

Метеорология

Средние значения параметра P в городах края в зимний период при штиле в зависимости от наличия приземной инверсии

Ситуация	Город			
	Березники	Соликамск	Губаха	Пермь
Приземная инверсия	0,38	0,31	0,24	0,25
Без приземной инверсии	0,17	0,17	0,10	0,17

По материалам наблюдений в г. Перми на рис. 5 показана связь между загрязнением воздуха и скоростью ветра при наличии и отсутствии приземной инверсии.

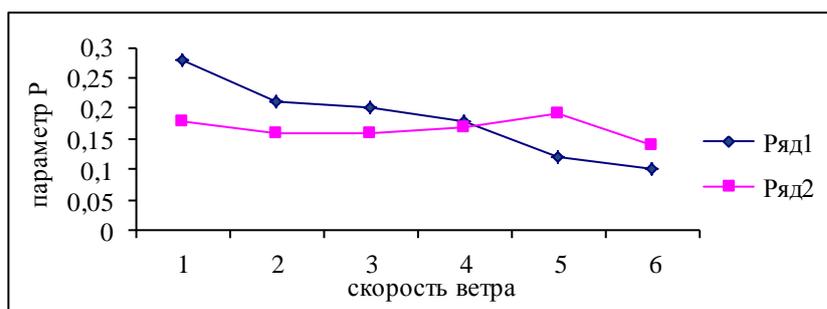


Рис. 5. Влияние скорости ветра на уровень загрязнения воздуха в г. Перми при наличии (ряд 1) и отсутствии (ряд 2) приземной инверсии

В табл. 2 по данным наблюдений г. Перми показана зависимость параметра P от скорости ветра при различной стратификации атмосферы. При наличии приземной инверсии максимум загрязнения воздуха отмечается при штиле; при неустойчивой стратификации наибольшие значения параметра P наблюдаются при скорости ветра 5 м/сек.

Таблица 2

Зависимость параметра P от скорости ветра при различной стратификации атмосферы

V					
0	2	3	4	5	6
Устойчивая стратификация					
0,28	0,21	0,20	0,18	0,12	0,10
Неустойчивая стратификация					
0,18	0,16	0,16	0,17	0,19	0,14

Зависимости, выявленные и в других городах Пермского края, позволили определить следующее:

- 1) при устойчивой стратификации атмосферы максимум загрязнения отмечается при штиле и уменьшается при увеличении скорости ветра;
- 2) при неустойчивой стратификации атмосферы максимум загрязнения воздуха отмечается при скорости ветра близкой к «опасной» для основных источников выбросов;
- 3) одним из условий формирования высокого загрязнения воздуха в городе является сочетание штиля и приземной инверсии.

Температура воздуха. Связь между температурой воздуха и загрязнением приземного слоя атмосферы обуславливается многими факторами. В городах Пермь и Соликамск было проведено исследование влияния температуры в слое ОТ500/1000 на уровень загрязнения воздуха. Была выявлена тенденция к повышению уровня загрязнения воздуха при росте температуры воздуха, особенно в летний период (рис. 6).

В летний период в городах Пермь и Соликамск наибольшие значения параметра P в слое ОТ500/1000 наблюдаются при средней температуре 9–11°. В зимний период в г. Соликамске наибольшее значение параметра P в слое ОТ500/1000 наблюдается при средней температуре – 10, –12°. В Перми для зимнего периода зависимости параметра P от температуры в слое ОТ 500/1000 не отмечалось.

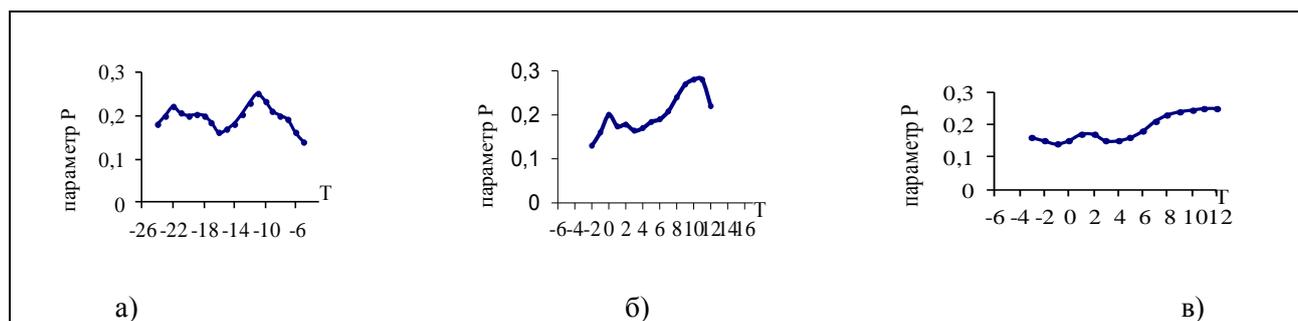


Рис. 6. Зависимость параметра Р от температуры в слое OT500/1000 в г. Соликамске:
а – летний период; б – зимний период; в – летний период г. Перми

Застой воздуха. В условиях застоя связь между температурой воздуха и загрязнением атмосферы проявляется значительно сильнее. Эффект повышения уровня загрязнения воздуха при росте температуры имеет место в первую очередь в условиях застоя воздуха в зимний период. Это отражают данные табл. 3, где использовался материал наблюдений нескольких городов [8; 9]. Такая же связь была изучена и подтверждена по данным г. Перми.

Значительные концентрации примесей в воздухе в условиях застоя в основном определяются низкими выбросами. Вклад высоких выбросов может быть связан с усилением турбулентного обмена в нижнем слое атмосферы в самом городе вследствие разрушения приземной инверсии.

Таблица 3

Связь между параметром Р и температурой Т в условиях застоя

Ситуация	Город				
	С-Петербург	Екатеринбург	Омск	Уфа	Пермь
Значение Р при $T \geq 15^{\circ}C$	0,32	0,23	0,24	0,24	0,29
Значение Р при $T < 15^{\circ}C$	0,22	0,12	0,19	0,19	0,24

Обработка фактического материала наблюдений в нескольких городах края показала, что повторяемость случаев повышенного загрязнения воздуха ($P > 0,20$) при застоях в г. Перми составляет 70%, в г. Березники – 74%, в г. Соликамске – 70%, в г. Губаха – 80%. Повторяемость случаев высокого загрязнения воздуха ($P > 0,35$) ещё выше в городах: Пермь – 95%, Березники – 77%, Соликамск – 84%, Губаха – 84%.

Осадки. Очищение атмосферы от примесей осадками отмечается в ряде публикаций [2; 3; 6; 8–10]. Анализ показывает, что восстановление уровня загрязнения воздуха в городе после его очищения осадками происходит в течение определенного времени – порядка нескольких часов. При непосредственном переносе выбросов со стороны объектов эффект вымывания примесей из воздуха проявляется в меньшей степени. Выбросы в период дождя оказывают очень вредное воздействие на окружающую среду.

По материалам наблюдений в Перми была изучена зависимость уровня загрязнения воздуха от осадков. В табл. 4 показаны значения параметра Р в дни с осадками и без осадков в феврале и июле.

Таблица 4

Зависимость параметра Р от осадков в г. Перми

Месяц	Погода	
	Дни с осадками	Дни без осадков
Февраль	0,20	0,30
Июль	0,14	0,29

Инерционный фактор. Степень загрязнения воздуха в городах в целом связана с инерционным фактором. На основании анализа материалов наблюдений в ряде городов обнаруживается сильное влияние на уровень загрязнения воздуха инерционного фактора. Это особенно проявляется при рассмотрении обобщённых характеристик загрязнения воздуха, в том числе и параметра Р. Содержание примесей в городском воздухе существенно зависит от значения параметра Р в предшествующие дни. Коэффициент корреляции между значениями параметра Р в соседние дни

составляет 0,6–0,7. Действие инерционного фактора в значительной степени определяется метеорологической инерцией, которая означает тенденцию к сохранению атмосферных процессов, определяющих уровень концентраций. Некоторые из метеорологических факторов, влияющих на концентрации примесей в воздухе, могут быть неизвестны, и при учете установившегося уровня загрязнения воздуха они в какой-то степени учитываются автоматически. Сильное влияние инерционного фактора на уровень загрязнения городского воздуха наблюдается и во всех городах Пермского края. В г. Перми был подсчитан коэффициент корреляции между параметром P и его значением в предыдущий день (P^1) в январе и июле, прослеживается чёткая связь загрязнения атмосферного воздуха в данный и предыдущий дни. Рассматриваемый инерционный фактор связан с сохранением метеорологических условий, которые определяют уровень содержания примеси в атмосферном воздухе. Коэффициент корреляции в теплый период более высокий (0,73), чем в холодный (0,47). Учитывая высокий коэффициент корреляции (0,5–0,7), параметр P^1 используется во всех схемах прогноза загрязнения воздуха, разработанных для городов Пермского края, опираясь при этом на фактическое загрязнение на данный день с довольно высокой точностью.

Влияние метеорологических факторов на качество атмосферного воздуха учитывается при разработке схем прогноза загрязнения в городах. Выбираются наиболее значимые метеорологические факторы, определяющие уровень загрязнения воздуха в городе, и исходное загрязнение. Метеорологические факторы выступают в схемах прогноза в качестве предикторов. Определить значимость предиктора можно путем подсчета коэффициента корреляции между параметром P и предикторами. Пример результатов расчета коэффициента корреляции для разработки схемы прогноза загрязнения воздуха с заблаговременностью три дня для г. Пермь представлен в таб. 5.

Таблица 5

Коэффициент корреляции между параметром P и предикторами

Сезон	Предикторы					
	P^1	S_n	$P(dg)$	$P(Vg)$	$P(\bar{T})$	$P(\theta)$
Р, зимний	0,47	0,63	0,25	0,23	0,06	0,05
Р, летний	0,73	0,73	0,22	0,20	0,39	0,42

Выводы

1. Анализ влияния метеорологических факторов на уровень загрязнения воздуха в городах края позволил получить достаточно четкие и физически понятные связи между загрязнением воздуха и метеорологическими условиями.

2. Наиболее значимыми метеорологическими факторами, определяющими уровень загрязнения воздуха в городах Пермского края, являются скорость и направление ветра, количественный синоптический предиктор S_n , инерционный фактор (P^1) в зимний период; в летний период к ним добавились средняя температура в слое ОТ500/1000 и форма термического поля (θ). Коэффициент корреляции между обобщенным интегральным показателем загрязнения воздуха, параметром P и наиболее значимыми метеорологическими факторами составил в зимний период 0,25–0,63, в летний 0,39–0,73.

3. Учет этих связей позволяет получить эффективные статистические схемы прогноза загрязнения воздуха при выполнении разработок для городов Пермского края. Оправдываемость схем прогноза уровней загрязнения воздуха с заблаговременностью одни сутки составляет 92–95%, с заблаговременностью три дня – 85–89%.

Библиографический список

1. Безуглая Э.Ю., Смирнова И.В. Воздух городов и его изменения. СПб., 2008. 253с.
2. Берлянд М.Е. Прогноз и регулирование загрязнения атмосферы. Л.: Гидрометеиздат, 1985. 272с.
3. Василев И. Выбор интегрального показателя для оценки степени загрязнения воздуха в городе София в зависимости от метеорологических условий // Проблемы географии. 1993. №4. С. 52–60.
4. Векслер Г. Роль метеорологических факторов в загрязнении атмосферного воздуха // Загрязнение атмосферного воздуха. Женева: ВОЗ, 1962.
5. Иванова Е.И., Сонькин Л.Р. Прогнозирование загрязнения воздуха в городе // Труды ГГО. 1973. Вып. 293. С. 51–57.

6. Лапина С.Н., Полянская Е.А., Пузлякова Г.А., Фетисова Л. М., Фомина Н.В. Роль метеорологических факторов в распространении, накоплении и вымывании загрязняющих веществ (на примере г. Саратова) // *Вопр. прогноза погоды, климата, циркуляции и охраны атмосферы*. Пермь, 1997. С. 134–144.

7. *Руководство по прогнозу загрязнения воздуха*. РД 52.04.306-92. СПб.: Гидрометеоздат, 1993. 104с.

8. Сонькин Л.Р. Вопросы прогнозирования фоновое загрязнения воздуха в городах.// *Труды ГГО*. 1974. Вып. 314. С. 42–51.

9. Сонькин Л.Р. и др. О влиянии метеорологических условий на загрязнение воздуха в различных городах // *Труды ГГО*. 1975. Вып. 325. С. 52–60.

10. Шкляева Л.С. Загрязнение воздуха в г. Перми при прохождении циклонов // *Вопросы микро- и мезоклимата, циркуляции и загрязнения атмосферы*. Пермь, 1985. С. 128–135.

11. Barustein R.D., Thompson W.T. Effect of frictionally retarded sea brize and synoptic frontal passages on sulfur dioxide concentrations in New-York City // *J. Appl. Meteor.* 1981. V.20. №8. P. 843–858.

12. Cheng S., Lam K.-C. An analysis of winds affecting air pollution concentrations in Hong Kong // *Atmos. Environ.* 1998. V.32. №14–15. С. 2559–2567.

References

1. Bezuglaya, E.Yu. and Smirnova, I. V. (2008), *Vozdukh gorodov i ego izmeneniya* [Air of the cities and his change], St. Petersburg, Russia.

2. Berlyand, M.E. (1985), *Prognoz i regulirovaniye zagryazneniya atmosfery* [Prediction and Regulation of Air Pollution], Gidrometeoizdat, Leningrad, USSR.

3. Vasilev, Ivan (1993), “The choice of an integrated indicator for assessment of extent of air pollution in the city of Sofia depending on meteorological usloviy”, *Probl. Geogr.*, no. 4. pp. 52–60.

4. Wexler, G. (1962), “A role of meteorological factors in pollution atmospheric air”, *Pollution of atmospheric air of WHO*, Geneva, Switzerland.

5. Ivanova, E.I. and Sonkin, L.R. (1973), “Forecasting of air pollution in the city” *Works GGO*, Iss. 293 pp. 51–57

6. Lapina, S.N., Polyanskaya, E.A., Puzhlyakov, G.A., Fetisova, L.M. and Fomina, N.V. (1997), “A role of meteorological factors in distribution, accumulation and washing away of pollutants (on the example of Saratov)” *Vopr. weather forecast, climate, circulation and protection of the atmosphere*, pp. 134–144.

7. “A management according to the forecast of air pollution” 1993RD 52.04.306-92. Gidrometeoizdat, St. Petersburg, Russia.

8. Sonkin, L.R. (1974), “Questions of forecasting of background air pollution in cities” *Works GGO*, Iss. 334, pp. 42–51.

9. Sonkin, L.R., etc. (1975), “About influence of weather conditions on air pollution in various cities”, *Works of GGO*, Iss. 325, pp. 52–60.

10. Shklyayeva, L.S. (1985), “Air pollution in Perm when passing cyclones”, *Questions micro and mesoclimate, circulation and pollution of the atmosphere*, Perm, pp. 128–135.

11. Barustein, R.D. and Thompson, W.T. (1981), “Effect of frictionally retarded sea brize and synoptic frontal passages on sulfur dioxide concentrations in New-York City”, *J. Appl. Meteor.* vol. 20, no. 8. pp. 843–858.

12. Cheng, S. and Lam, K.-C. (1998), “An analysis of winds affecting air pollution concentrations in Hong Kong”, *Atmos. Environ.*, vol. 32, no. 14–15, pp. 2559–2567.

Поступила в редакцию: 16.11.2016

Сведения об авторе

Костарева Татьяна Викторовна

кандидат географических наук, доцент кафедры метеорологии и охраны атмосферы Пермского государственного национального исследовательского университета; 614990, Россия, г. Пермь, ул. Букирева 15; email: nmu2@meteoperm.ru

About the author

Tatyana V. Kostareva

Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor, Department of Meteorology and Atmosphere Protection, Perm State University; 15, Bukireva st., Perm, 614990, Russia; e-mail: nmu2@meteoperm.ru

Просьба ссылаться на эту статью в русскоязычных источниках следующим образом:

Костарева Т.В. Учет влияния метеорологических факторов при разработке схем прогноза загрязнения воздуха в городах Пермского края // Географический вестник = Geographical bulletin. 2017. №2(41). С.91–99. doi 10.17072/2079-7877-2017-2-91-99

Please cite this article in English as:

Kostareva T.V. The influence of meteorological factors on forecasting air pollution in cities and towns of the Perm region // Geographical bulletin. 2017. № 2(41). P. 91–99. doi 10.17072/2079-7877-2017-2-91-99

УДК: 551.584.2

А.Б. Мустафина

**ИЗМЕНЕНИЯ ОСНОВНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НА ТЕРРИТОРИИ
РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН ЗА ПЕРИОД 1966–2013 ГГ.***

Казанский федеральный университет, г. Казань

В статье рассмотрен многолетний режим основных климатических показателей – температуры воздуха и атмосферных осадков на территории Республики Татарстан (РТ) в 1966–2013 гг. Средние годовые температуры воздуха на всей территории положительны и колеблются от 3,3 до 4,3°C в период 1966–2013 гг. и от 4,2 до 5,3°C в 2000–2013 гг. С начала нового столетия температура воздуха повысилась. В зимние месяцы наблюдается наибольшая изменчивость средних месячных температур воздуха. В период 1966–2013 гг. наблюдается потепление во всех месяцах, но в 2000–2013 гг. обнаружена отрицательная тенденция изменения температуры воздуха в зимние месяцы. С начала XXI в. отмечается усиление континентальности климата в регионе, так как в результате похолодания зим и повышения летних температур годовая амплитуда колебания температуры воздуха увеличилась. Увеличилась многолетняя годовая сумма осадков: за 1966–2013 гг. сумма осадков составляет 493 мм, за 2000–2013 гг. – 509 мм. Из 48 рассмотренных лет в 13 наблюдалась засушливость в июне, в 12 – в июле и мае. В августе засушливость встречалась всего 5 лет. Климатические условия с начала нового века на территории РТ значительно отличаются от средних многолетних.

Ключевые слова: климат, изменение климата, температура воздуха, атмосферные осадки, континентальность климата.

A.B. Mustafina

**CHANGES OF THE MAIN CLIMATIC INDICATORS IN THE TERRITORY
OF THE REPUBLIC OF TATARSTAN DURING 1966–2013**

Kazan Federal University, Kazan

The article considers the long-term mode of the main climatic indices - air temperature and atmospheric precipitation – in the territory of the Republic of Tatarstan in 1966-2013. The average annual air temperatures in all the territory were positive and fluctuated from 3.3 to 4.3 °C during 1966-2013 and from 4.2 to 5.3 °C in the period 2000-2013. Since the beginning of the new century, air temperature has increased. The greatest variability of the average monthly air temperatures was observed in the winter months. During 1966-2013, warming was registered in all months, but in 2000-2013 the negative tendency of the air temperature change in the winter months was detected. Since the beginning of the 21st century, the climate in the region has gained in continentality because as a result of the fall in the winter temperatures and increase in the summer temperatures the annual amplitude of air temperature fluctuations has increased. The long-term annual amount of precipitation increased: during 1966-2013 the amount of precipitation made up 493 mm and during 2000-2013 – 509 mm. Out of the 48 considered years, in 13 years dryness was typical of June, in 12 – of July and May. In August, dryness was only marked in 5 years. Since the beginning of the new century, climatic conditions in the territory of the Republic of Tatarstan have been considerably different from the average long-term ones.