

Влияние ветрового режима на загрязнения атмосферы г. Новосибирска

А. А. Леженин^{1}, В. Ф. Рапута^{1, 2}*

¹ Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН,
г. Новосибирск, Российская Федерация

² Новосибирский НИИ гигиены Роспотребнадзора, г. Новосибирск, Российская Федерация
*e-mail: lezhenin@ommfao.ssc.ru

Аннотация. Рассмотрена актуальная задача оценивания длительного загрязнения атмосферы города по данным сетевых наблюдений, на примере г. Новосибирска. Для анализа процессов загрязнения были использованы результаты среднемесячных измерений концентраций бенз(а)пирена (БП) на стационарных постах Росгидромета в 2018 г. Проведено исследование по оценке влияния ветрового режима на уровни содержания БП в атмосферном воздухе города. Для определения ветровых характеристик привлекались данные наблюдений на метеорологической станции Огурцово, расположенной вблизи г. Новосибирска. С учетом расположения доминирующих источников проведен анализ связей повторяемостей направлений ветра с измеренными уровнями концентраций БП на постах контроля качества воздуха в города. Установлены закономерности формирования атмосферных загрязнений от повторяемости штилевых условий в холодный период года. Показано, что в зимние месяцы 2018 г. высоким концентрациям БП, достигавшим 15 – 20 ПДК, сопутствовало большое количество штилей. Проведенное исследование показало, что наряду с использованием интегральных показателей, необходимо для объективной картины обращать внимание и на экстремальные показатели качества атмосферного воздуха города.

Ключевые слова: атмосфера, штиль, бенз(а)пирен, загрязнение, мониторинг

Influence of the wind regime on atmospheric pollution in Novosibirsk

A. A. Lezhenin^{1}, V. F. Raputa^{1, 2}*

¹ Institute of the Computational Mathematics and Mathematical Geophysics SB RAS, Novosibirsk,
Russian Federation

² Novosibirsk Research Institute of Hygiene of Rospotrebnadzor, Novosibirsk, Russian Federation
*e-mail: lezhenin@ommfao.ssc.ru

Abstract. The actual problem of estimating long-term pollution of the atmosphere of the city according to network observations is considered, using the example of the city of Novosibirsk. To analyze the pollution processes, the results of monthly average measurements of benz(a)pyrene (BP) concentrations at stationary posts of Roshydromet in 2018 were used. A study was carried out to assess the impact of the wind regime on the levels of BP content in the atmospheric air of the city. To determine the wind characteristics, we used observational data at the meteorological station Ogurtsovo, located near the city of Novosibirsk. Taking into account the location of the dominant sources, an analysis was made of the relationships between the recurrence of wind directions and the measured levels of BP concentrations at air quality control posts in cities. The patterns of formation of atmospheric pollution from the recurrence of calm conditions in the cold period of the year have been established. It is shown that in the winter months of 2018, high concentrations of BP, reaching 15–20 MPC, were accompanied by a large number of calms. The study showed that, along with the

use of integral indicators, it is necessary to pay attention to the extreme indicators of the city's atmospheric air quality for an objective picture.

Keywords: atmosphere, calm, benzo(a)pyrene, pollution, monitoring

Введение

Для оценки качества атмосферного воздуха в городах Российской Федерации ведется постоянный мониторинг на постах сети Росгидромета. При организации сетей наблюдений в городах требовалось выполнение ряда важных условий, включающих в себя проведение измерений по единой программе и представительность размещения постов контроля загрязнения атмосферного воздуха (ПНЗА) [1 - 4]. Для этого использовались результаты теоретических и экспериментальных работ [1, 5, 6]. Измерения концентраций загрязняющих атмосферных примесей проводятся на стационарных и передвижных постах. Мобильные посты используются для охвата наблюдениями всей территории города. Результаты стационарных и маршрутных наблюдений в ряде случаев позволяют проводить оценку полей загрязнения атмосферного воздуха городов [5, 6].

Исследования почвенного, растительного, снежного покровов позволяют получить существенную дополнительную информацию о загрязнении атмосферы [7 - 11]. Детальная картина загрязнения снежного и растительного покровов может быть получена с помощью наземных и спутниковых наблюдений [12-14].

Корреляционный анализ, проведенный между измеренными концентрациями БП на посту г. Искитима и ряду ПНЗА г. Новосибирска показал на их высокий уровень связей в 2018 г. В частности, в зимние месяцы 2018 г. концентрации БП на ПНЗА г.г. Искитима и Новосибирска превышали 10-20 ПДК [15].

В государственном докладе Министерства природных ресурсов и экологии РФ «О состоянии и охране окружающей среды Российской Федерации в 2018 году» г. Искитим Новосибирской области внесен в список городов с критическим уровнем загрязнения воздуха. Отметим, что г. Искитим находится в зоне с высоким потенциалом загрязнения атмосферы (ПЗА) [16 - 18]. Регулярные измерения БП осуществляются лишь на одном посту города. Как было отмечено выше максимальные значения концентраций БП фиксируются в зимние месяцы. Появление БП в атмосферном воздухе обусловлено процессами неполного сжигания углеводородного топлива. В 2018 году по данным Росгидромета среднегодовая концентрация БП в г. Искитиме достигла 5.2 ПДК [19]. При этом по информации, представленной администрацией города, не фиксировались дополнительные источники выбросов БП. Для г. Искитима в работе [20] установлены связи между повышенными концентрациями БП и повторяемостями штилей. Наличие статистических зависимостей загрязнения БП в г.г. Искитима и Новосибирска [15] послужило основанием для проведения аналогичной работы по г. Новосибирску.

Цель исследования состоит в выявлении зависимостей между повышенными концентрациями БП в атмосферном воздухе г. Новосибирска и режимом ветра в холодный период времени 2018 г.

Объекты и материалы исследования

Город Новосибирск расположен на обоих берегах р. Обь. Территория города составляет более 500 кв. км. Он является крупнейшим промышленным, торговым, культурным, транспортным, образовательным и научным центром Сибири, численность населения превышает 1,6 млн. человек. В городе функционирует 10 ПНЗА, что примерно соответствует одному посту на один район города. На рис. 1 представлена схема размещения постов.



Рис. 1. Схема расположения ПНЗА на территории г. Новосибирска

В Новосибирске ПНЗА можно подразделить на "промышленные" посты, расположенные вблизи предприятий (ПНЗА 18, 19, 25), "городские фоновые" посты - в жилых районах (ПНЗА 24, 26), "автопосты", прилегающие к крупным автомагистралям или находящимися около дорог с интенсивным движением транспорта (ПНЗА 1, 21, 49, 54), "региональные фоновые" (ПНЗА 47). Такая классификация ПНЗА в значительной мере является условной, поскольку невозможно четко разделить взаимное размещение жилых районов города, промышленных площадок предприятий, автомагистралей. С другой стороны, такое подразделение постов позволяет ранжировать вклады выносов загрязняющих примесей от конкретных источников.

Источниками загрязнения атмосферы г. Новосибирска являются промышленные предприятия, ТЭЦ, котельные, автомобильный, железнодорожный транспорт, частный сектор. К основным измеряемым на постах компонентам примеси относятся взвешенные вещества, сажа, окислы азота, серы, углерода,

формальдегид, БП. В настоящее время наблюдения за БП проводятся на всех постах города. Повышенные концентрации углеродсодержащих примесей регулярно фиксируются в Первомайском районе города (ПНЗА № 54). Это связано с наличием в районе крупного железнодорожного узла, большого числа частных домов, мелких котельных, асфальтобетонного, стрелочного, электровозоремонтного заводов. Высокие концентрации БП наблюдаются на постах, расположенных в Заельцовском, Центральном, Первомайском районах города (ПНЗА № 21, 26, 54). Превышение предельно допустимых концентраций (ПДК) по БП в атмосферном воздухе отмечается в холодный период года, что связано с увеличением выбросов от объектов теплоэнергетики. Для детальной оценки полей загрязнения территории города существующего количества ПНЗА явно недостаточно, что связано со сложной пространственно-временной структурой источников выбросов вредных примесей.

Для анализа метеорологических условий использовались данные метеостанции Огурцово (индекс ВМО 29638), расположенной вблизи города. В зимние месяцы 2018 г. средняя температура была на 1,5°С ниже среднеклиматической [21]. Также наблюдалось повышенное количество дней с неблагоприятными метеорологическими условиями, при которых происходит накопление загрязняющих веществ в нижней атмосфере.

Результаты и обсуждения

Результаты предварительного анализа данных измерений на ПНЗА г. Новосибирска показывают, что повышенные концентрации БП приходятся на холодный период. Было проведено исследование влияния ветровых условий на уровни загрязнения. С использованием данных наблюдений на метеорологической станции Огурцово на рис. 2 построены розы ветров для января, февраля, марта, апреля, ноября, декабря 2018 г.

Из рис. 2 следует, что в рассматриваемые периоды времени преобладают ветры южного и юго-западного направлений. Их повторяемость варьируется от 40 до 70 %. Повторяемость штилей изменяется от 2 до 18%.

На рис. 3 представлены концентрации БП на ПНЗА № 21, № 26, №54 и повторяемости штилей для месяцев 2018 г. с относительно низкими средними температурами.

Анализ рис. 3 показывает, что для рассматриваемых месяцев 2018 г. уровни концентрации БП ведут себя вполне согласовано с повторяемостью штилей. Максимальные концентрации БП в феврале, декабре 2018 г. достигали на этих постах 15 – 20 ПДК при высокой повторяемости штилей. В переходные месяцы (апрель, ноябрь) среднемесячные концентрации БП находятся в пределах от 1 до 2 ПДК при двухпроцентной повторяемости штилей. Отметим значительную несогласованность в ходе повторяемости штилей и уровнем концентрации БП в январе 2018 г. на ПНЗА № 54. Это может быть связано как с большим разнообразием источников, так и с возможным появлением дополнительных источников БП.

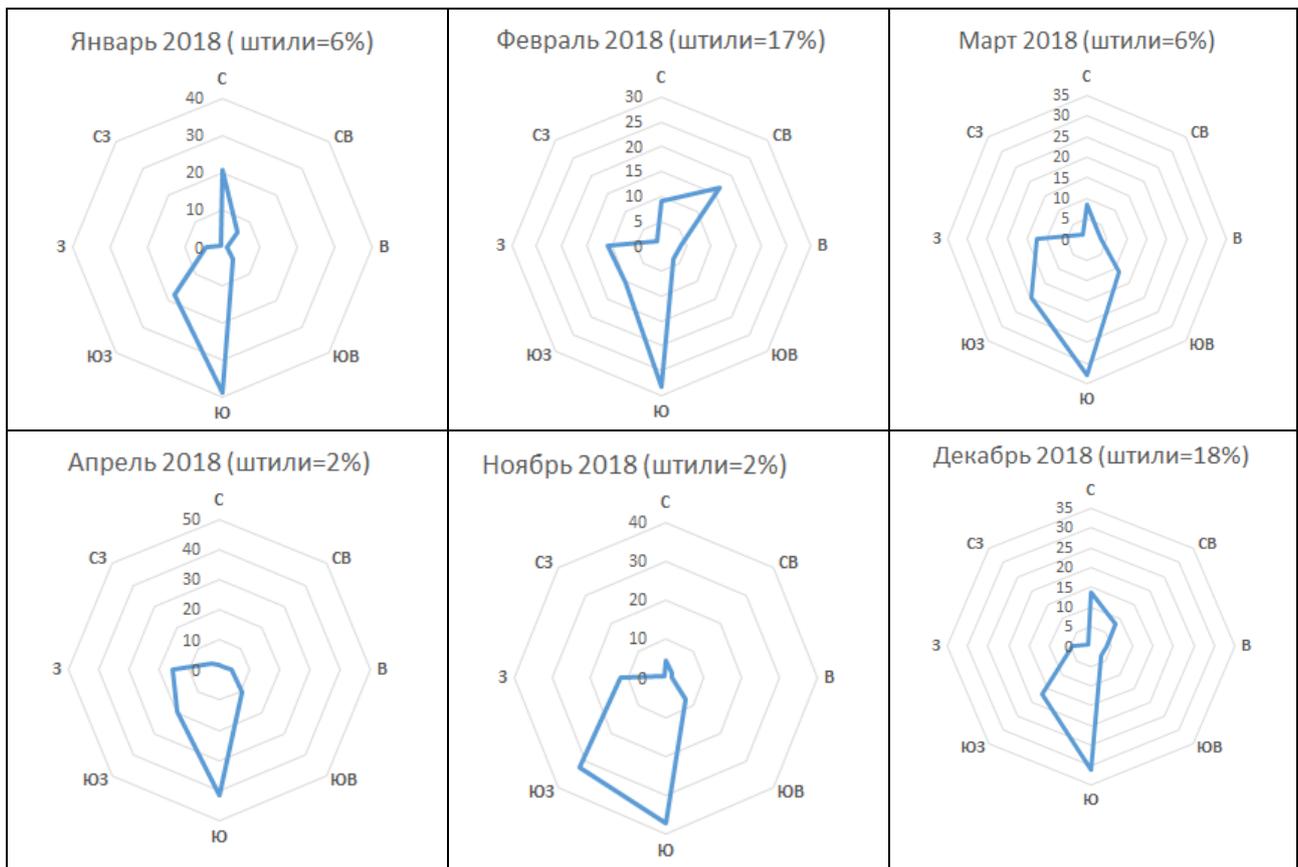


Рис. 2. Повторяемости направлений ветра на метеостанции Огурцово (г. Новосибирск) в январе, феврале, марте, апреле, ноябре и декабре 2018 г.

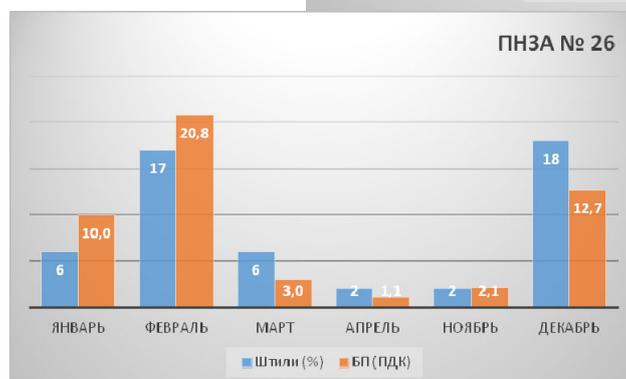
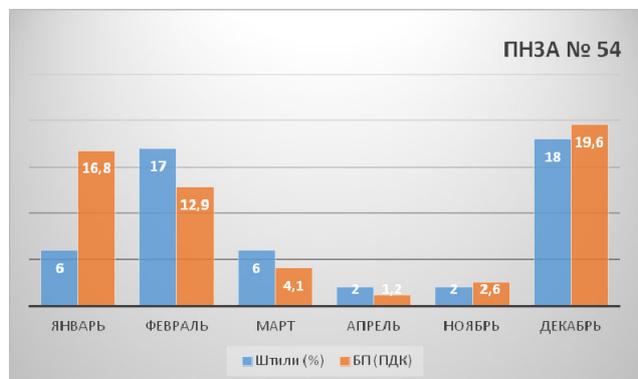


Рис. 3. Повторяемости штилей (%) и измеренных концентраций БП (нг/м³) на ПНЗА № 21, № 54, № 26 г. Новосибирска в холодный период 2018 г.

Рассмотрим фактор переноса БП с автомагистралей, проходящих вблизи ПНЗА № 21, № 54. Следует отметить, что оба поста расположены по северную сторону от источников, т.е. находятся под доминирующим влиянием выносов БП ветрами южного и юго-западного направлений. Согласно рис. 2 в апреле и ноябре повторяемость ветров этих направлений была заметно выше, чем в феврале, декабре. Тем не менее, значимые концентрации БП в переходные месяцы (апрель, ноябрь) не наблюдались (рис. 3), по сравнению с зимними месяцами (февраль, декабрь).

Заключение

Проведенные исследования показали значимое влияние фактора повторяемости штилей на повышенные концентрации БП в атмосферном воздухе г. Новосибирска в 2018 г. Особенно этот эффект проявился в зимние месяцы. Взаимное расположение ПНЗА и проходящих вблизи крупных автомагистралей не оказывает решающего влияния на формирование высоких концентраций БП, даже при доминирующих ветрах в направлении постов.

Для детального описания полей атмосферного загрязнения территорий города необходимо существенное расширение сети наблюдений. В качестве дополнительных источников информации могут служить мониторинговые исследования многокомпонентного загрязнения природных планшетов.

Благодарности

Работа выполнена в рамках Госзадания для ИВМиМГ СО РАН (проект 0251-2021-0003).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Безуглая Э. Ю., Смирнова И. В. Воздух городов и его изменения. – Санкт-Петербург: Астерион, 2008. – 253 с.
2. Руководство по контролю загрязнения атмосферы. РД 52.04.186-89. – М.: Гидрометеоздат, 1991. – 696 с.
3. Безуглая Э. Ю., Смирнова И. В. Проблемы загрязнения воздуха. Крупнейшие города России. «Инженерные системы» АВОК-Северо-Запад. № 2(6) – 3(7), 2002.
4. Ежегодник состояния загрязнения атмосферного воздуха в городах и промышленных центрах, расположенных на территории деятельности Западно-Сибирского управления Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды за 2020 год. – Новосибирск, 2021. – 176 с.
5. Бызова Н. Л., Гаргер Е. К., Иванов В. Н. Экспериментальные исследования атмосферной диффузии и расчеты рассеяния примеси. – Л.: Гидрометеоздат, 1991. – 278 с.
6. Берлянд М. Е. Современные проблемы атмосферной диффузии и загрязнения атмосферы. – Л.: Гидрометеоздат, 1975. – 448 с.
7. Raputa V. F., Kokovkin V. V., Morozov S. V., Yaroslavtseva T. V. Organic Carbon in the City Territories of the South of West Siberia // Химия в интересах устойчивого развития. – 2016. – Т. 24, № 4. – С. 483-489.
8. Юсупов Д. В., Рихванов Л. П., Барановская Н. В., Ялалтдинова А. Р. Геохимические особенности элементного состава листьев тополя урбанизированных территорий // Изв. Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2016. – Т. 327, № 6. – С. 25-36.

9. Василенко В. Н., Назаров И. М., Фридман Ш. Д. Мониторинг загрязнения снежного покрова: монография. – Л.: Гидрометеоиздат. – 1985. – 182 с.
10. Методические рекомендации по оценке степени загрязнения атмосферного воздуха населённых пунктов металлами по их содержанию в снежном покрове и почве. – М.: ИМГРЭ, 1990. – 16 с.
11. Бортникова С. Б., Рапута В. Ф., Девятова А. Ю., Юдахин Ф. Н. Методы анализа данных загрязнения снегового покрова в зонах влияния промышленных предприятий // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. – 2009. – № 5. – С. 447-457.
12. Василевич М. И., Елсаков В. В., Щанов В. М. Применение спутниковых методов исследований в мониторинге состояния лесных фитоценозов в зоне выбросов промышленного предприятия // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2014. – Т. 11, № 1. – С. 30-42.
13. Дмитриев А. В., Дмитриев В. В. Прослеживание корреляции динамики NDVI в сравнении с зоной выпадения аэрозолей // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2008. – Т. 1. – № 5. – С. 92-95.
14. Riggs G., Hall D., and Salomonson V. A Snow Index for the Landsat Thematic Mapper and Moderate Resolution Imaging Spectrometer // Geoscience and Remote Sensing Symposium, IGARSS '94, Vol. 4: Surface and Atmospheric Remote Sensing: Technologies, Data Analysis, and Interpretation. – 1994. – P. 1942-1944.
15. Рапута В. Ф., Леженин А. А. Анализ процессов длительного загрязнения атмосферы г. Искитима // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2020. – Т. 4. – № 1. – С. 137-141.
16. Селегей Т. С. Формирование уровня загрязнения атмосферного воздуха в городах Сибири. – Новосибирск: Наука, 2005. – 347 с.
17. Безуглая Э. Ю., Завадская Е. К., Ивлева Т. П. Роль климатических условий в формировании изменений загрязнения атмосферы. – Тр. ГГО. – вып. 568. – Санкт-Петербург, 2013. – 267-279 с.
18. Климатические характеристики условий распространения примесей в атмосфере. Справочное пособие / Ред. Э. Ю. Безуглая и М. Е. Берлянд. – Л.: Гидрометеоиздат, 1983. – 328 с.
19. Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городских и сельских поселений». Гигиенические нормативы. ГН 2.1.6.3492-17. – Москва, 2018.
20. Леженин А. А., Рапута В. Ф. Методы оценивания загрязнения атмосферы города по данным мониторинга // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2021. – Т.4. – № 1. – С. 150-156.
21. Лучицкая И. О., Белая Н. И., Арбузов С. А. Климат Новосибирска и его изменения. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2014. – 224 с.

© А. А. Леженин, В. Ф. Рапута, 2022