

УДК 551.511.42.001.572(571.14)

## Анализ данных мониторинга длительного загрязнения бенз(а)пиреном атмосферы г. Иркутска

В.Ф. Рапута<sup>✉</sup>, А.А. Леженин\*

*Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН  
630090, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 6*

Поступила в редакцию 14.02.2024;

после доработки 11.03.2024;

принята к печати 20.03.2024

Экспериментальные исследования состава атмосферного воздуха являются основой для последующего численного анализа процессов загрязнения и принятия управленческих решений по улучшению качества городской среды. Представлены результаты исследования процессов длительного загрязнения атмосферы г. Иркутска и влияния на них штилевых условий. Выполнен анализ линейных корреляционных связей между результатами измерений среднемесячных концентраций бенз(а)пирена на стационарных постах контроля состава атмосферного воздуха города. Показано, что результаты внутригодовых измерений на постах в целом пропорциональны друг другу. Исследованы связи концентрации бенз(а)пирена со штилевыми условиями. Выявлена корреляция между его высокими концентрациями в зимний период и повторяемостью штилей. Установленные закономерности создают возможности для внешнего контроля результатов наблюдений на стационарных постах мониторинга города. Найденные зависимости позволяют численно восполнить пропуски в данных наблюдений. Полученные результаты могут быть использованы при планировании мероприятий по улучшению качества атмосферного воздуха, построении моделей оценивания полей концентраций бенз(а)пирена.

*Ключевые слова:* атмосфера, загрязнение, бенз(а)пирен, посты наблюдений, мониторинг, повторяемость штилей; *atmosphere, pollution, benzo(a)pyrene, observation post, monitoring, frequency of calms.*

### Введение

Определение уровней многокомпонентного загрязнения атмосферы в городах является приоритетной задачей, решение которой позволяет оценить ингаляционные риски здоровью населения. Для ее реализации Росгидрометом проводится регулярный мониторинг газового и аэрозольного состава воздуха на сети пунктов наблюдений загрязнения атмосферы (ПНЗА) [1, 2]. При выборе мест расположения ПНЗА в городах и их окрестностях использовались результаты теоретических и экспериментальных исследований переноса и атмосферной диффузии примесей с учетом особенностей расположения источников выбросов и рельефа местности [3]. Отбор проб воздуха на сети станций проводится по действующим программам. На стационарных постах отбор проб для определения содержания взвешенных веществ выполняется путем прокачки атмосферного воздуха на специализированные фильтры три-четыре раза в сутки в соответствии с требованиями РД 52.04.893-2020 [4]. Информация, получаемая с передвижных и стационарных постов, дает возможность оценить степень загрязнения атмосферы города [2, 4, 5].

Уровень атмосферного загрязнения городских территорий определяется расположением и интенсивностью эмиссии источников примесей, а также метеорологическими условиями [6–13]. Наиболее высокая концентрация загрязняющих веществ в атмосфере городов обычно наблюдается в зимние месяцы [14–17].

На протяжении многих лет в Иркутске фиксируется высокий уровень загрязнения атмосферного воздуха [18–21]. На территории города расположены более 250 промышленных предприятий. Количество стационарных источников выбросов загрязняющих веществ в атмосферу достигает несколько тысяч. Наиболее значимыми источниками вредных примесей являются объекты теплоэнергетики [22–24].

Данные мониторинга загрязнения снежного, растительного и почвенного покровов подтверждают высокий уровень загрязнения воздуха Иркутска [20, 25], который существенно превышает гигиенические нормативы. В силу географического положения города наиболее напряженная экологическая обстановка фиксируется в зимние месяцы [26].

В связи со значительной антропогенной нагрузкой и особенностями климатических условий изучение процессов загрязнения городского воздуха является актуальной задачей. Из материалов

\* Владимир Федотович Рапута (raputa@sscc.ru); Анатолий Александрович Леженин (lezhenin@ommfao.sccc.ru).

Государственных докладов «О состоянии и об охране окружающей среды в Иркутской области» [24] следует, что в городе среднегодовые концентрации взвешенных веществ, сероводорода, озона, окислов серы, азота, углерода, бенз(а)пирена (БП) значительно превышают предельно допустимые концентрации (ПДК).

В зимние месяцы концентрации БП на территориях города многократно превышают ПДК. Например, среднемесячные концентрации БП в декабре 2018 г. достигли 25,3ПДК (для БП ПДК = 1 нг/м<sup>3</sup>). Несмотря на его относительно малое количество в выбросах промышленных предприятий и других источников, БП вносит существенный вклад в канцерогенную и мутагенную активность атмосферного воздуха г. Иркутска.

Существует принципиальная возможность использования численных моделей для расчетов полей концентраций БП на территории г. Иркутска с детальным учетом рельефа местности и метеорологических условий. Результаты моделирования позволяют выработать рекомендации по оптимальному снижению выбросов [3, 22, 23, 27, 28]. Такой подход предполагает задание достоверной информации о пространственном расположении источников выбросов БП и временной динамики их эмиссий. В настоящее время выполнение этого условия является проблематичным, поскольку требует привлечения значительных материальных и экономических ресурсов.

Цель работы — исследовать процессы формирования загрязнения БП атмосферы Иркутска, выявить их связь с метеорологическими условиями,

а также изучить закономерности длительного загрязнения атмосферы города с привлечением данных мониторинга БП на государственной сети наблюдений Росгидромета.

## Материалы и методы

Объектом исследования является атмосфера Иркутска, подверженная загрязнению БП. Город расположен в долине р. Ангары, в 60 км от оз. Байкал. Климат характеризуется значительными перепадами температуры в течение года и является резко континентальным [26]. Иркутск расположен в зоне очень высокого потенциала загрязнения атмосферы [9, 10]. Большая частота неблагоприятных метеорологических условий в течение года способствует формированию высоких уровней загрязнения воздуха. Зимой воздействие Сибирского антициклона приводит к образованию мощных температурных инверсий и застоям воздуха. В этих условиях при наличии большого количества низких источников (до 5–10 м высотой) выбросов БП на территории города происходит интенсивное его накопление в пограничном слое атмосферы.

Для контроля состава атмосферного воздуха в Иркутске функционирует сеть наблюдений, методическое руководство которой осуществляется ФГБУ «Иркутское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды». Расположение всех стационарных постов в городе и его окрестностях показано на рис. 1.

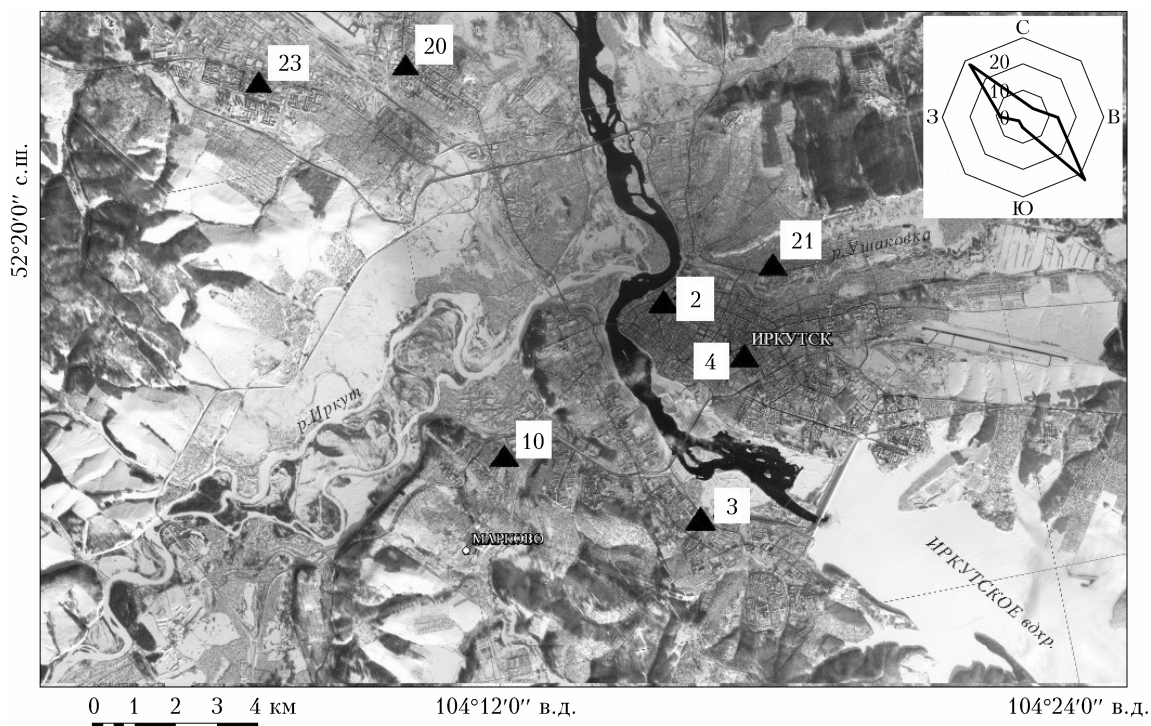


Рис. 1. Зимний спутниковый снимок Иркутска и его окрестностей с указанием ПНЗА; роза ветров (на врезке)

В настоящее время измерения концентраций БП в атмосфере Иркутска проводятся на трех стационарных постах (ПНЗА № 2, 3, 23). Станции № 2 и 23, расположенные внутри жилых районов, условно относятся к «городским фоновым» [24]. Автомобильный пост («авто») ПНЗА № 3 находится вблизи автотрассы с интенсивным движением. Результаты измерений концентраций БП на ПНЗА г. Иркутска с месячным усреднением представлены на сайте НПО «Тайфун» [29].

В качестве подложки на рис. 1 использован фрагмент зимнего спутникового снимка Иркутска с космического аппарата Landsat-8 от 22.12.2014 г. Тональность снежного покрова на снимке отражает интенсивность антропогенной нагрузки. Для количественных оценок атмосферного загрязнения может быть использовано изменение тональности снежного покрова по территории города [30, 31]. Анализ рис. 1 показывает наиболее высокие уровни загрязнения в окрестностях ПНЗА № 2 и 3. В районе ПНЗА № 23 степень загрязнения снежного покрова заметно ниже. В таком же соответствии находятся результаты измерений БП на этих постах [29].

Согласно информации, представленной на сайте НПО «Тайфун» [29], с 2008 по 2019 г. наиболее высокие концентрации БП на ПНЗА были зафиксированы в 2018 г. Для этого года с использованием данных сайта на рис. 2 приведены среднемесячные концентрации БП на ПНЗА № 2 и 3.

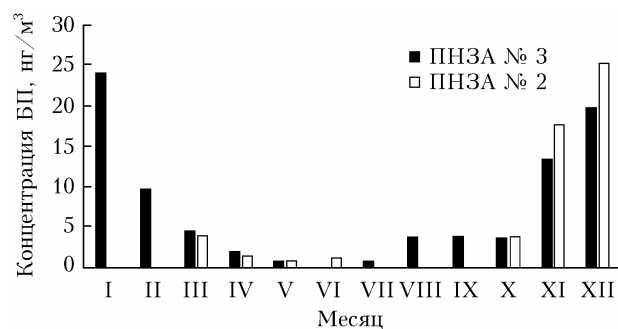


Рис. 2. Среднемесячные концентрации БП на ПНЗА № 2 и 3 г. Иркутска в 2018 г.

Рис. 2 показывает синхронность изменений концентраций БП на постах № 2 и 3. Аномально высокие концентрации БП в воздухе города фиксировались в зимние месяцы. В январе, феврале, ноябре и декабре 2018 г. концентрации БП превышали 10ПДК; в летние месяцы наблюдались более низкие уровни загрязнения. Это могло быть связано как с существенным уменьшением объемов сжигания органического топлива, так и с изменением режимов проветривания территорий города. Следует подчеркнуть, что в представленных на рис. 2 данных имеются пропуски. В частности, для ПНЗА № 2 отсутствуют данные по пяти месяцам 2018 г. (январь, февраль, июль – сентябрь).

## Результаты и обсуждение

Значительное время (в течение месяца) изменения концентраций БП позволяет принять допущение о некотором постоянстве эмиссии источников этой примеси, расположенных в окрестностях ПНЗА. В холодные и теплые периоды года происходит соответствующее увеличение или уменьшение эмиссии загрязняющих веществ из-за изменения режимов работы объектов теплоэнергетики и автономных источников теплоснабжения. Вследствие этого целесообразно выявить связи между измеренными концентрациями БП на постах Росгидромета в г. Иркутске.

*Корреляционные связи между концентрациями БП на постах.* На рис. 3 представлены результаты попарного сравнения в рамках линейной регрессии среднемесячных концентраций БП на ПНЗА в 2017–2019 гг. Сравнения проводились только по тем месяцам, для которых имелись одновременные измерения на обоих постах.

Рис. 3 показывает достаточно высокий уровень согласия между результатами измерений БП на рассматриваемых постах. Незначительность смещений линий регрессии относительно начала координат указывает на согласованный характер изменений в годовом ходе среднемесячных эмиссий источников БП на территории города.

Согласно данным наблюдений, представленным на рис. 3, а–в, концентрации БП на постах № 2 и 3 вполне сопоставимы, что может быть обусловлено воздействием атмосферных выбросов совокупности близких к ним источников. При этом следует отметить, что расстояние между постами относительно невелико и составляет 5,5 км. Оба поста расположены в долине р. Ангары (см. рис. 1). В то же время ПНЗА № 23 явно находится под влиянием другой совокупности источников выбросов БП, поскольку значительно удален как от реки, так и постов № 2 и 3. Тем не менее связь между концентрациями БП на постах сохраняется (рис. 3, г), что указывает на наличие существенного дополнительного фактора, влияющего на формирование полей концентраций БП в воздухе Иркутска.

*Связь атмосферного загрязнения БП с повторяемостью штелей.* Метеорологические условия являются важным фактором в формировании уровня загрязнения атмосферы [9, 10]. Режим ветра над территорией и распределение температуры с высотой в основном определяют перенос и диффузию атмосферных примесей. Слабые ветра и штили в значительной степени способствуют их накоплению в нижней части атмосферы [6, 12].

Для анализа метеоусловий использовались данные метеорологической станции (МС) Хомутово (индекс ВМО 30716), расположенной вблизи Иркутска. В отличие от МС Иркутск, находящейся под влиянием городского ландшафта, МС Хомутово более объективно отражает ветровой режим над рассматриваемой территорией [26]. Представленные на рис. 3 связи между концентрациями БП послужили

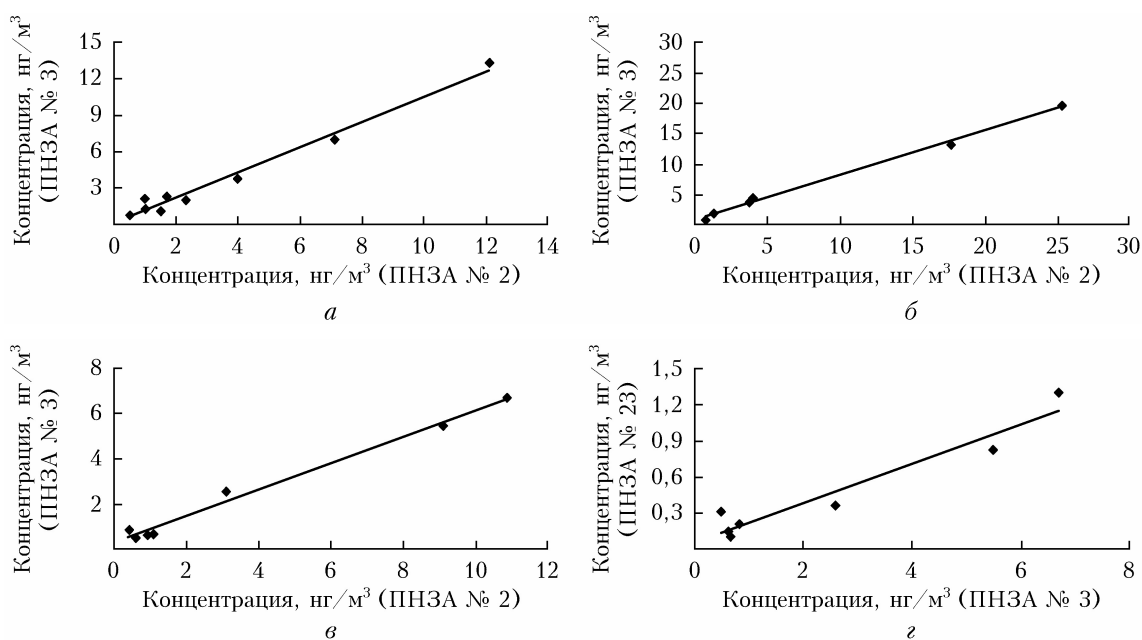


Рис. 3. Связи между измеренными концентрациями БП (нг/м<sup>3</sup>) на ПНЗА г. Иркутска № 2 и 3 в 2017–2019 гг. (а, б, в), на ПНЗА № 3 и 23 в 2019 г. (з)

основанием для проведения исследований влияния различных метеорологических факторов (среднемесячной температуры воздуха, характеристик скорости ветра, атмосферного давления, относительной влажности) на атмосферное загрязнение территории города. В процессах формирования высоких уровней загрязнения атмосферного воздуха в городах повторяемость штилевых условий является одним из определяющих факторов [3, 9, 10].

В таблице приведены месячные повторяемости штилей, рассчитанные по данным наблюдений 2018 г. на МС Хомутово.

Данные таблицы демонстрируют, что в зимние месяцы количество наблюдений на метеостанции в 2018 г. было близко к нормативному (восемь раз в сутки). В более теплый период (с апреля по сентябрь) количество наблюдений на МС Хомутово было почти вдвое меньшим. Из таблицы следует, что зимой наблюдались наиболее высокие значения повторяемости штилей, которые находились в диапазоне от 9,8 до 17,7%. В относительно теплые месяцы повторяемость штилевых условий была заметно ниже.

На рис. 4 представлены результаты анализа связи среднемесячной повторяемости штилевых условий и измеренных концентраций БП на ПНЗА г. Иркутска в 2017–2019 гг.

Анализ рис. 4 показывает, что в целом уровень корреляции между повторяемостью штилей и концентрациями БП на постах № 2 и 3 вполне удовлетворителен. Согласно рис. 2 в холодный период года наблюдаются экстремально высокие концентрации БП. Именно в это время повторяемость штилей максимальна (см. таблицу). Пересечение линии регрессии с осью абсцисс на представленных рисунках происходит заметно правее начала координат. Это означает, что при достаточно низкой повторяемости штилей, характерной для теплого периода (таблица), концентрации БП на постах будут слабо меняться. Вследствие этого может наблюдаться эффект расползания концентраций БП вдоль оси абсцисс, связанный как со снижением в теплый период интенсивности выбросов БП, так и с существенными вариациями высоты слоя перемешивания – «буферной» емкостью нижнего слоя атмосферы.

Характеристики штилей на МС Хомутово в 2018 г.

| Показатель              | Месяц |      |     |     |     |     |     |      |     |     |     |      |
|-------------------------|-------|------|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|------|
|                         | I     | II   | III | IV  | V   | VI  | VII | VIII | IX  | X   | XI  | XII  |
| Количество наблюдений   | 220   | 208  | 178 | 115 | 105 | 144 | 115 | 119  | 109 | 208 | 225 | 234  |
| Количество штилей       | 39    | 21   | 5   | 7   | 3   | 6   | 4   | 5    | 5   | 9   | 22  | 31   |
| Повторяемость штилей, % | 17,7  | 10,1 | 2,8 | 6,1 | 2,9 | 4,2 | 3,5 | 4,2  | 4,6 | 4,3 | 9,8 | 13,2 |

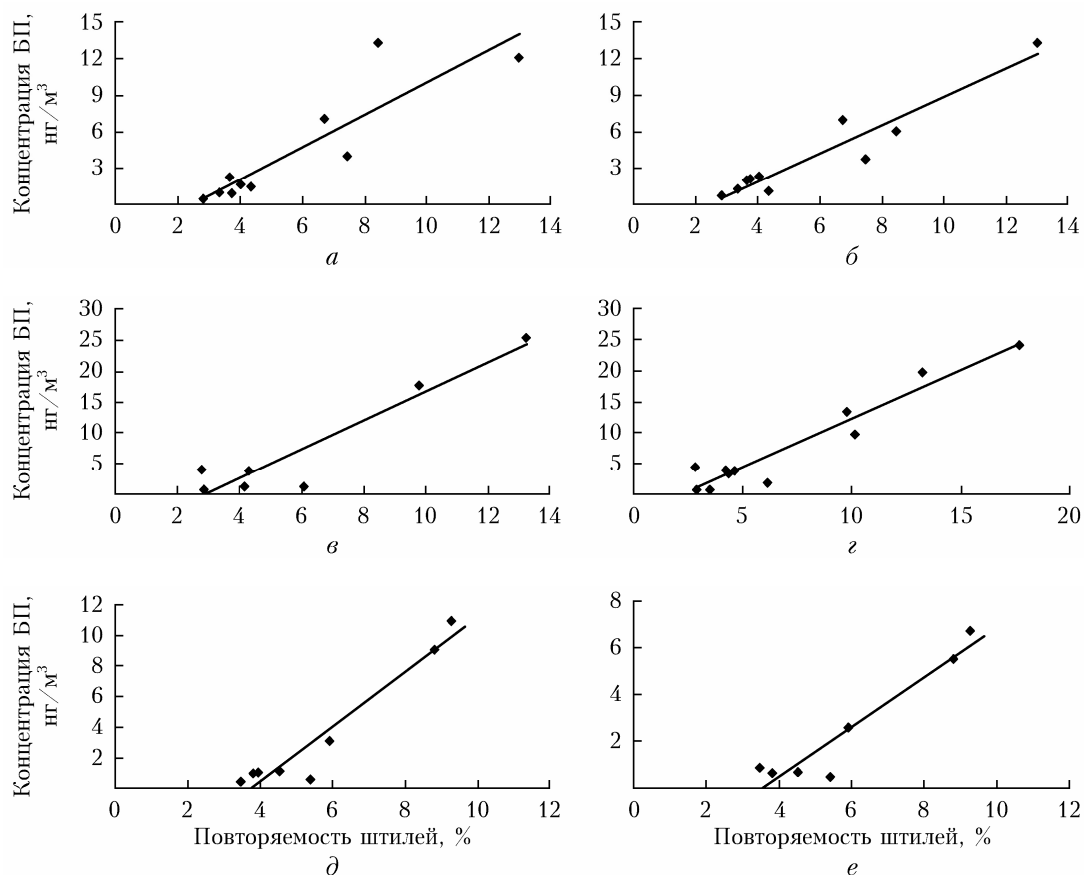


Рис. 4. Связь между среднемесячными повторяемостями штилей (%) и измеренными концентрациями БП (нг/м<sup>3</sup>) на ПНЗА № 2 (а, в, д) и ПНЗА № 3 (б, г, е) в г. Иркутске в 2017 (а, б), 2018 (в, г), 2019 гг. (д, е)

## Заключение

Сравнительный анализ среднемесячных концентраций бенз(а)пирена показал наличие связей между данными измерений на постах Росгидромета г. Иркутска. Установлены взаимосвязи между концентрациями как в случае относительно близко расположенных друг к другу ПНЗА № 2 и 3, так и с удаленным от них постом № 23, несмотря на существенные различия в воздействующих на ПНЗА городских источников выбросов бенз(а)пирена.

Выявленные закономерности послужили основанием для поиска факторов, существенно влияющих на атмосферное загрязнение территорий города. Показано, что значимым фактором является среднемесячная повторяемость штилей. В рамках линейной регрессии для 2017–2019 гг. установлена связь среднемесячных концентраций бенз(а)пирена с повторяемостью штилевых условий. Для рассмотренных случаев линии регрессии значительно смещены вправо относительно начала координат. Вариации величины смещения могут быть обусловлены некоторыми различиями в среднемесячных характеристиках пограничного слоя атмосферы и эмиссиях источников.

Установленные закономерности создают возможности для дополнительного контроля достоверности результатов измерений концентраций бенз(а)пирена на ПНЗА. Также при определенных условиях они позволяют восстанавливать пропуски в наблюдениях на постах. Для г. Иркутска наибольшую опасность представляет загрязнение атмосферы в зимние месяцы. Выявленную связь между концентрациями на постах и штилевыми условиями следует использовать при разработке мероприятий по улучшению качества атмосферного воздуха, построению интерполяционных моделей полей концентраций. Для детализации полей загрязнения городских территорий целесообразно дополнительно привлекать данные наземного и спутникового мониторинга загрязнения снежного покрова.

**Финансирование.** Работа выполнена в рамках госзадания для ИВМиМГ СО РАН, тема «Математические модели физики атмосферы, гидросферы, экологии и методы решения прямых и обратных задач с усвоением данных, задач дистанционного зондирования Земли для исследования климата, природных и техногенных воздействий на окружающую среду» (FWNM-2022-0003).

## Список литературы

1. Безуглая Э.Ю., Смирнова И.В. Воздух городов и его изменения. СПб.: Астерион, 2008. 253 с.
2. Крысанов И.В., Полищук А.И., Иванова Н.Н. Об автоматизации обработки данных мониторинга загрязнения атмосферы // Тр. ГГО. 2021. Вып. 601. С. 7–18.
3. Берлянд М.Е., Безуглая Э.Ю., Генихович Е.Л., Зашихин М.Н., Оникул Р.И. О методах определения фонового загрязнения атмосферы в городах // Тр. ГГО. 2021. Вып. 600. С. 147–164.
4. РД 52.04.893-2020. Массовая концентрация взвешенных веществ в пробах атмосферного воздуха. Санкт-Петербург, 2020. 19 с. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293720/4293720281.pdf>.
5. Кузнецова И.Н., Ткачева Ю.В., Шалыгина И.Ю., Лезина Е.А. Расчет индекса качества воздуха и оценка его информативности для российских условий по данным мониторинга в Москве // Метеорол. и гидрол. 2021. № 8. С. 53–65. DOI: 10.52002/0130-2906-2021-8-53-65.
6. Ячменева Н.В., Гольвей А.Ю. Повторяемость инверсий и их влияние на уровень загрязнения атмосферного воздуха в г. Челябинске // Вестн. Челяб. гос. ун-та. 2011. Т. 220, № 5. С. 84–89.
7. Короткова Н.В., Семенова Н.В. Влияние метеорологических условий на загрязнение атмосферного воздуха в Саратове // Изв. Саратов. ун-та. Сер. Науки о Земле. 2019. Т. 19, вып. 3. С. 168–173. DOI: 10.18500/1819-7663-2019-19-3-168-173.
8. Васильев Д.Ю., Вельмовский П.В., Семенов В.А., Семенова Г.Н., Чибилев А.А. Влияние метеорологических условий на уровень загрязнения атмосферного воздуха в городе Уфе // Оптика атмосфер. и океана. 2023. Т. 36, № 1. С. 49–58. DOI: 10.15372/AOO20230107; Vasil'ev D.Yu., Velmovsky P.V., Semenov V.A., Semenova G.N., Chibilev A.A. The influence of meteorological conditions on the level of atmospheric air pollution in Ufa // Atmos. Ocean. Opt. 2023. V. 36, N 3. P. 234–243. DOI: 10.1134/S1024856023030211.
9. Селегей Т.С. Формирование уровня загрязнения атмосферного воздуха в городах Сибири. Новосибирск: Наука, 2005. 347 с.
10. Безуглая Э.Ю. Метеорологический потенциал и климатические особенности загрязнения воздуха городов. Л.: Гидрометеоздат, 1980. 184 с.
11. Копров Б.М., Копров В.М. О корреляциях между полями температуры, малых газовых примесей и ветра в приземном слое атмосферы // Изв. РАН. Физ. атмосфер. и океана. 2020. Т. 56, № 5. С. 540–546. DOI: 10.31857/S0002351520050089.
12. Локощенко М.А., Богданович А.Ю., Еланский Н.Ф., Лезина Е.А. Температурные инверсии в Москве и их влияние на состав приземного воздуха // Изв. РАН. Физ. атмосфер. и океана. 2021. Т. 57, № 6. С. 641–650. DOI: 10.31857/S0002351521060080.
13. Кузнецова И.Н. Влияние метеорологических условий на загрязнение воздуха города Москвы в летних эпизодах 2010 г. // Изв. РАН. Физ. атмосфер. и океана. 2012. Т. 48, № 5. С. 566–577.
14. Яушева Е.П., Гладких В.А., Камардин А.П., Шмаргунов В.П. Экстремальные аэрозольные загрязнения атмосферы в зимний период в Академгородке г. Томска // Оптика атмосфер. и океана. 2023. Т. 36, № 9. С. 711–717. DOI: 10.15372/AOO20230902.
15. Korunov A.O., Khalikov I.S., Surnin V.A. Seasonal variation and spatial distribution of the content of benzo(a)pyrene in the atmospheric air in the Russian Federation // Rus. J. General Chem. 2020. V. 90, N 13. P. 2670–2680. DOI: 10.1134/S1070363220130228.
16. Ахтиманкина А.В., Лопаткина О.А. Исследование динамики концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе г. Иркутска // Изв. Иркут. гос. ун-та. Сер.: Науки о Земле. 2014. Т. 9. С. 2–15.
17. Ратуша В.Ф., Леженин А.А. Анализ процессов длительного загрязнения атмосферы г. Искитима // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2020. Т. 4, № 1(32). С. 137–141.
18. Новикова С.А. Оценка уровня загрязнения атмосферного воздуха г. Иркутска // Национальные приоритеты России. 2019. № 1, № 32. С. 50–56.
19. Воложжина С.Ж., Ахтиманкина А.В., Сутырина Е.Н., Потапова Е.В., Бархатова О.А., Новикова С.А. Зонирование территории Иркутской агломерации на основе оценки загрязнения атмосферного воздуха // Актуальные проблемы науки Прибайкалья: Сб. ст. / Отв. ред. И.В. Бычков, А.Л. Казаков. Т. 3. Иркутск: ИГУ, 2020. С. 53–58.
20. Маринайте И.И., Голобокова Л.П., Нецветаева О.Г., Филиппова У.Г., Агунова Т.М. Многолетние исследования атмосферных выпадений в г. Иркутске // Изв. Иркут. гос. ун-та. Сер.: Науки о Земле. 2013. Т. 6, № 2. С. 138–147.
21. Ахтиманкина А.В., Аргунищева А.В. Загрязнение атмосферного воздуха промышленными предприятиями г. Иркутска // Изв. Иркут. гос. ун-та. Сер.: Науки о Земле. 2013. Т. 6, № 1. С. 3–19.
22. Верхозина Е.В., Сафаров А.С., Макухин В.Л., Верхозина В.А. Влияние выбросов Ново-Иркутской ТЭЦ на загрязнение атмосферного воздуха г. Иркутска // Геоэкология. Инженерная геология, гидрогеология, геокриология. 2016. № 1. С. 50–55.
23. Аргунищева А.В., Годвинская И.Г., Ахтиманкина А.В. Загрязнение атмосферного воздуха предприятиями теплоэнергетики г. Иркутска // Изв. Иркут. гос. ун-та. Сер.: Науки о Земле. 2011. Т. 4, № 1. С. 33–47.
24. Государственные доклады «О состоянии и об охране окружающей среды в Иркутской области» 2017–2019 гг. URL: <https://irkobl.ru/region/ecology/doklad/> (дата обращения: 26.12.2023).
25. Горшков А.Г., Маринайте И.И. Мониторинг экотоксикантов в объектах окружающей среды Прибайкалья. Часть I. Определение полициклических ароматических углеводородов в аэрозоле промышленных центров (на примере г. Иркутска) // Оптика атмосфер. и океана. 2000. Т. 13, № 10. С. 967–970.
26. Климат Иркутска / под ред. Ц.А. Швер, Н.П. Форманчук. Л.: Гидрометеоздат, 1981. 246 с.
27. Аргунищева А.В., Аргунищев В.К., Лазарь О.В. Оценка загрязнения воздушной среды городов автотранспортом // География и природные ресурсы. 2009. № 1. С. 131–137.
28. Бызова Н.Л., Гаргер Е.К., Иванов В.Н. Экспериментальные исследования атмосферной диффузии и расчеты рассеяния примеси. Л.: Гидрометеоздат, 1991. 278 с.
29. Сайт НПО «Тайфун». [Б.м.], 2014–2023 URL: <https://www.rpatyphoon.ru> (дата обращения: 22.01.2024).

30. *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. DOI: 10.15372/KhUR20160408.
31. *Чульдун А.Ф., Чуликова С.А.* Динамика показателей загрязненности снежного покрова в г. Кызыле в 2013–2021 гг. по данным дистанционного зондирования // *Оптика атмосф. и океана*. 2023. Т. 36, № 4. С. 299–303. DOI: 10.15372/AOO20230406.

***V.F. Raputa, A.A. Lezhenin. Analysis of monitoring data for long-term air pollution with benzo(a)pyrene in Irkutsk.***

Experimental studies of the composition of atmospheric air are the basis for subsequent numerical analysis of pollution processes and management decisions to improve the quality of the urban environment. The processes of long-term air pollution in Irkutsk and the influence of calm conditions on them are studied. An analysis of linear correlations between the measurements of monthly average concentrations of benzo(a)pyrene at stationary posts for monitoring the composition of atmospheric air in the city is performed. It is shown that the results of intra-annual pairwise measurements at posts, in general, are proportionally correlated to each other. The relationships between benzo(a)pyrene concentrations and calm conditions were studied. A correlation between its high concentrations in winter and the frequency of calm weather conditions is revealed. The established patterns create opportunities for external monitoring of observation results at stationary monitoring posts in the city. The derived dependencies allow you to numerically fill gaps in observational data. The results can be used when planning measures to improve the quality of atmospheric air and constructing models for assessing concentration fields.