

МОНИТОРИНГ ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА АЭРОЗОЛЬНЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ СНЕГОВОГО ПОКРОВА Г. БАРНАУЛА ЗА ПЕРИОД 2002-2011 ГГ.

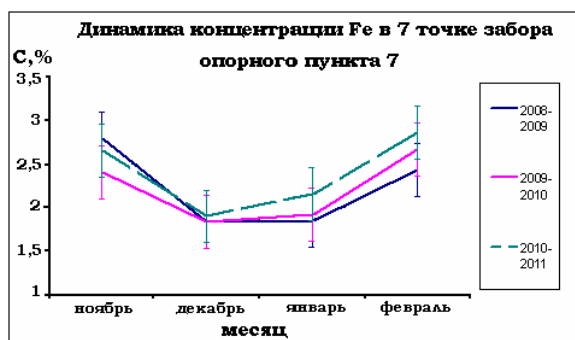


Рисунок 3. Динамика концентрации железа на перекрестке пр. Ленина и ул. Молодежная (атомно-эмиссионный спектральный анализ).

Авторы выражают благодарность профессору Алтайского государственного университета А.А. Тишкину и Н.С. Малыгиной за содействие в проведении исследований рентгенофлуоресцентным методом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кондратьев К.Я., Ивлев Л.С. // Природные и техногенные аэрозоли. – 2008. – Т. 1. – 555 с.
2. Бояркина А.П., Байковский В.В., Васильев Н.В. и др. Аэрозоли в природных планшетах Сибири. – Томск, Изд-во ТГУ, 1993. – 157 с.
3. Андрухова Т.В., Букатый В.И., Чефранов И.П. // Известия АлтГУ. – 2006. – №1. – С. 59–62.
4. Андрухова Т.В., Букатый В.И., Суторихин И.А., Чефранов И.П. // Тезисы международной конференции «Взаимодействие общества и окружающей среды в условиях глобальных и региональных изменений». – Барнаул, 2003. – С. 46–47.
5. Бортников В.Ю., Букатый В.И. // Сборник трудов пятой международной конференции «Естественные и антропогенные аэрозоли», НИИФ им. В. А. Фока – СпбГУ, 2006. – С. 18.
6. Зинченко Г.С., Павлов В.Е., Суторихин И.А., Хвостов И.В. // Оптика атмосферы и океана. – 2006. – Т. 19. – №6. – С. 513–517.
7. Зинченко Г.С., Павлов В.Е., Суторихин И.А., Хвостов И.В. // Оптика атмосферы и океана. – 2009. – Т. 22. – №1. – С. 96–100.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ РЕГИОНАЛЬНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ СНЕГОВОГО ПОКРОВА ГОРОДАМИ ЮГА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

В.В. Коковкин, В.Ф. Рапута, А.Н. Романов, С.В. Морозов

Представлены результаты полевых исследований, химического анализа и численного моделирования регионального загрязнения снежного покрова атмосферными выбросами источников, находящихся на территориях городов Новосибирска, Томска, Кемерово и Барнаула. В пробах снега определено содержание тяжелых металлов, макрокомпонентов, полиароматических углеводородов. Проведено сопоставление полученных экспериментальных данных с результатами численного моделирования переноса примеси от территорий рассматриваемых городов. Показана возможность создания экономичной системы регионального мониторинга загрязнения на основе выявленных закономерностей.

Ключевые слова: площадные источники, аэрозоль, снеговой покров, химический анализ, загрязнение, примесь, мониторинг, математическое моделирование.

ВВЕДЕНИЕ

Организация инструментальных наблюдений аэрозольного загрязнения на большой площади и в течение длительного времени представляет значительные трудности. В связи с этим в мониторинге окружающей среды широко используются природные планшеты – накопители аэрозолей. В этом плане снеговой покров является одним из наиболее надежных индикаторов атмосферного загрязнения территории города и его окрестностей [1–3]. В составе выпадений обнаруживают

пыль, тяжелые металлы, макрокомпоненты, полициклические ароматические углеводороды (ПАУ).

Проблема численного моделирования распространения примесей в атмосфере от площадных источников относится к числу наиболее сложных. Распространение загрязняющих веществ тесно связано с текущим динамическим, термическим и влажностным режимом атмосферы, характером подстилающей поверхности. Особо следует отметить трудности описания пространственного распределения и временной динамики вы-

бросов примеси от площадного источника [4, 5].

При использовании методов прямого моделирования процессов распространения примесей в атмосфере детальный учёт всех этих факторов приводит к необходимости разработки весьма громоздких математических моделей, к тому же включающих в себя значительное число параметров, требующих дальнейшего уточнения, что не всегда согласуется с имеющимися техническими и экономическими возможностями. Такая ситуация приводит к необходимости более взвешенного совместного анализа экспериментальных данных и теоретических описаний распространения примесей в приземном и пограничном слоях атмосферы, учёта априорной информации о характеристиках источников и пространственно-временных масштабах исследуемых процессов. В частности, при моделировании длительного загрязнения местности стационарными источниками текущую метеорологическую информацию вполне можно заменить климатическими данными о направлении и скорости ветра. Существует возможность сравнительно простого математического описания процессов переноса примеси на больших удалениях от источников выбросов [6].

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование снежного, почвенного, растительного покрова является удобным и экономичным способом получения данных о поступлении загрязняющих веществ из атмосферы на подстилающую поверхность. Особый интерес эти исследования представляют при изучении процессов длительного загрязнения. Интенсивность и конфигурация поля концентрации определяется величиной выброса, длительностью периода накопления, размещением источников, повторяемостью направлений ветра и т.д. [1, 3].

Интерес представляло исследование пространственной динамики накопления в снежном покрове выбросов основных вредных примесей с территорий наиболее крупных городов юга Западной Сибири: Новосибирска, Кемерово, Барнаула и Томска. В силу существующей зимней розы ветров преимущественными маршрутами отбора проб являлись маршруты северо-восточного сектора, на которых в зимнее время выпадения аэрозольных примесей имеют наиболее высокие значения [7]. Удаления точек отбора от территорий городов достигали 40-50 км. На рис. 1 представлены маршруты пробоотбора для перечисленных выше городов. Отбор проб проводился на всю глубину снежного покрова.

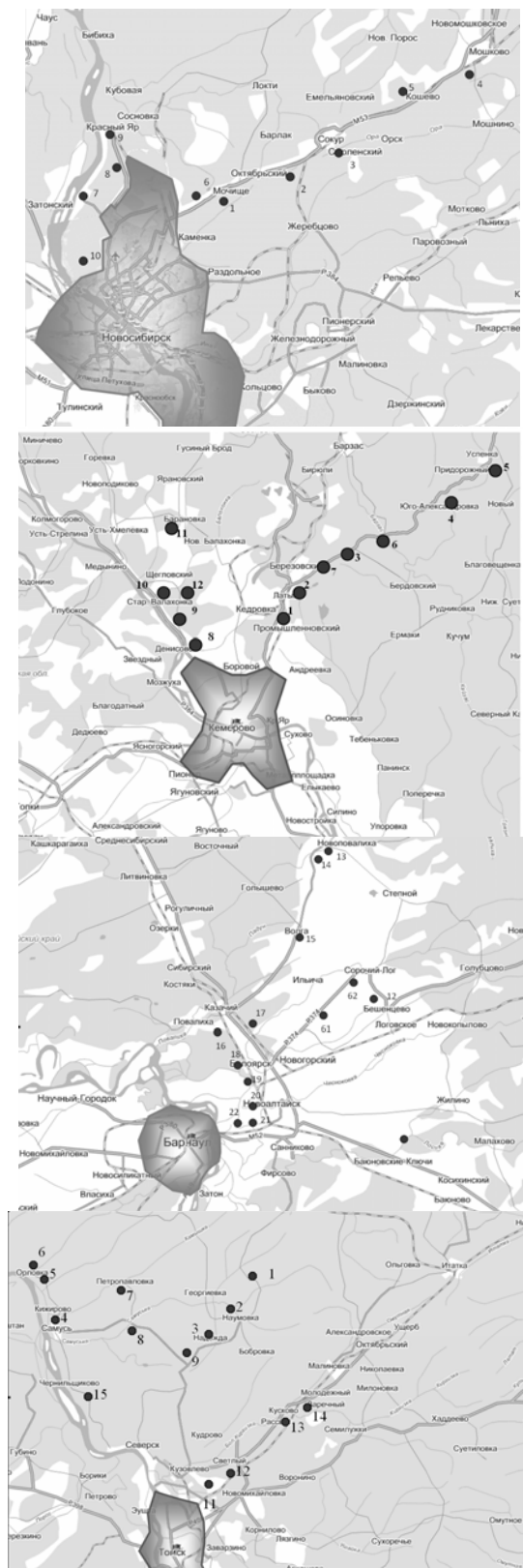


Рисунок 1. Схемы отбора проб снега в зимнем сезоне 2009/10 гг. в окрестностях Новосибирска, Кемерово, Барнаула и Томска.

Химический анализ проб снега на содержание в них макрокомпонентного состава,
ПОЛЗУНОВСКИЙ ВЕСТНИК № 4-2 2011

тяжёлых металлов, полиароматических углеводородов (ПАУ) выполнялся в аналитических лабораториях институтов СО РАН [8 - 10]. После топления проб использовали две схемы пробоподготовки в зависимости от природы определяемых компонентов. Перед определением неорганических компонентов растопленную пробу фильтровали через фильтр «синяя лента» и мембранный фильтр с диаметром пор $\varnothing$ 0,45 мкм. Полученные осадки сушили на воздухе. Анализ подвергали и осадки, и фильтрат с использованием методов атомной абсорбции и капиллярного электрофореза. Органические компоненты (ПАУ) определяли методом хромато-масс-спектрометрии после их трехкратного экстракционного концентрирования в предварительно перегнанном хлористом метиле из всего объема нефилтрованной пробы.

МОДЕЛИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕГИОНАЛЬНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Данные натурных наблюдений и численное моделирование показывают, что в нормальных условиях при удалении от источника на расстояние порядка 7-10 км концентрация примеси в пограничном слое атмосферы определяется сравнительно небольшим числом факторов. К ним, в первую очередь, следует отнести мощность источника, среднюю скорость ветра и толщину слоя перемешивания. В этом случае поле осредненной за длительный промежуток времени концентрации от точечного источника описывается соотношением

$$\bar{q}(r, \varphi) = \frac{Q \cdot g(\varphi)}{2\pi \cdot u \cdot h \cdot r}, \quad (1)$$

где r, φ – полярные координаты расчетной точки с началом в месте расположения источника, $g(\varphi)$ – вероятность противоположного φ направления ветра на высотах пограничного слоя атмосферы, Q – мощность источника, u, h – средняя скорость ветра и толщина слоя перемешивания.

При переходе к площадным источникам задача оценивания становится существенно сложнее, поскольку выброс примеси, как правило, неизвестен и к тому же неравномерно распределен по территории города. С учётом (1) плотность осадка аэрозольной примеси в случае площадного источника S представляется в виде

$$Q(x, y) = \frac{\lambda}{2\pi u h} \iint_S \frac{m(\xi, \eta) g(\varphi)}{d} d\xi d\eta, \quad (2)$$

где (ξ, η) – текущие координаты источника, $(\xi, \eta) \in S$, $m(\xi, \eta)$ – эмиссия примеси из этой точки, λ – коэффициент взаимодействия примеси с подстилающей поверхностью,

$$\varphi(\xi, \eta, x, y) = \arctg\left(\frac{y - \eta}{x - \xi}\right),$$

$$d = \sqrt{(x - \xi)^2 + (y - \eta)^2}$$

предполагается также, что точка (x, y) достаточно удалена от множества S .

На практике мощность эмиссии $m(\xi, \eta)$ с территории города неизвестна, либо может быть задана лишь весьма приближенно. В таких условиях интерпретация данных наблюдений с помощью соотношения (2) становится достаточно затруднительной. В этом случае для приближенного описания полей концентрации в окрестности площадного источника следует использовать методы асимптотических разложений теории потенциала. За пределами городской территории для фиксированного направления φ достаточно хорошим приближением к соотношению (2) может служить следующее выражение [6]

$$\Phi(r, \varphi) = \frac{\lambda \cdot M g(\varphi)}{2\pi r} \iint_{\Omega} \frac{B(u', h')}{u' \cdot h'} d\Omega = \frac{\theta' \cdot g(\varphi)}{r}, \quad (3)$$

$$\text{где } \theta' = \frac{\lambda \cdot M}{2\pi} \iint_{\Omega} \frac{B(u', h')}{u' \cdot h'} d\Omega,$$

$$M = \iint_S m(\xi, \eta) d\xi d\eta, \quad B(u, h) \text{ – плотность}$$

вероятности распределения величин u, h за рассматриваемый промежуток времени.

Используя соотношение (3), оценку неизвестного параметра θ' можно получить по данным измерений в определённых точках плотности аэрозольных выпадений примеси за пределами города.

ЧИСЛЕННЫЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ НАБЛЮДЕНИЙ

Предварительное изучение данных измерений показало в целом монотонное убывание выпадений компонентов примеси на

маршрутах северо-восточного направления, что позволяет провести их количественный анализ на основе регрессионного соотношения (3). Результаты численной интерпретации для определённой части данных измерений представлены на рис. 2.

Из рис. 2 следует вполне удовлетворительное соответствие расчета наблюдениям в большинстве контрольных точек измерений на маршрутах пробоотбора. Полученное согласие дополнительно подтверждает доминирующее влияние выбросов от рассматриваемых городов на формирование уровней концентраций ряда примесей в выбранных точках наблюдений. Имеющиеся данные наблюдений позволили по каждому из городов построить поля выпадений различных компонентов аэрозольных примесей.

Проведённые исследования показали, что уровни загрязнения на преобладающих направлениях сноса вредных примесей весьма значительны даже на расстояниях нескольких десятков километров от городских территорий. Выявленные закономерности позволяют ограниченными средствами выполнить интегральные оценки выносов рассматриваемых примесей от названных городов за длительный промежуток времени, провести сопоставление их выбросов друг с другом и оценить степень антропогенной нагрузки на окружающие территории.

Отмечена устойчивая связь между динамикой осадка и органическими и неорганическими примесями. Как следствие, найденные закономерности позволяют проводить расчеты содержания химических примесей. С другой стороны, поскольку осадок растопленной пробы определяется с наименьшей трудоемкостью, наличие зависимости по осадку является критерием для возможности последующего проведения и контроля более дорогостоящих определений элементного и дисперсного состава.

Следует особо отметить, что при исследованиях показателей здоровья жителей населённых пунктов, находящихся в зонах интенсивного сноса примесей с городских территорий Новосибирска, Кемерово, Барнаула, Томска помимо местных условий необходимо учитывать и этот фактор воздействия, как весьма существенный дополнительный риск заболевания. Например, в 10 км северо-восточнее Новосибирска содержание бенз(а)пирена в снеге составило около 20 нг/л, а в точках отбора, расположенных неподалёку от Домов отдыха «Мочище» и «Кудряшовский бор», 30 и 40 нг/л соответственно, что вполне сопоставимо с концентрациями,

измеряемыми в снегу у постов Росгидромета в самом городе. Аналогичная ситуация сложилось и для гг. Новоалтайск и Белоярск по отношению к г. Барнаулу.

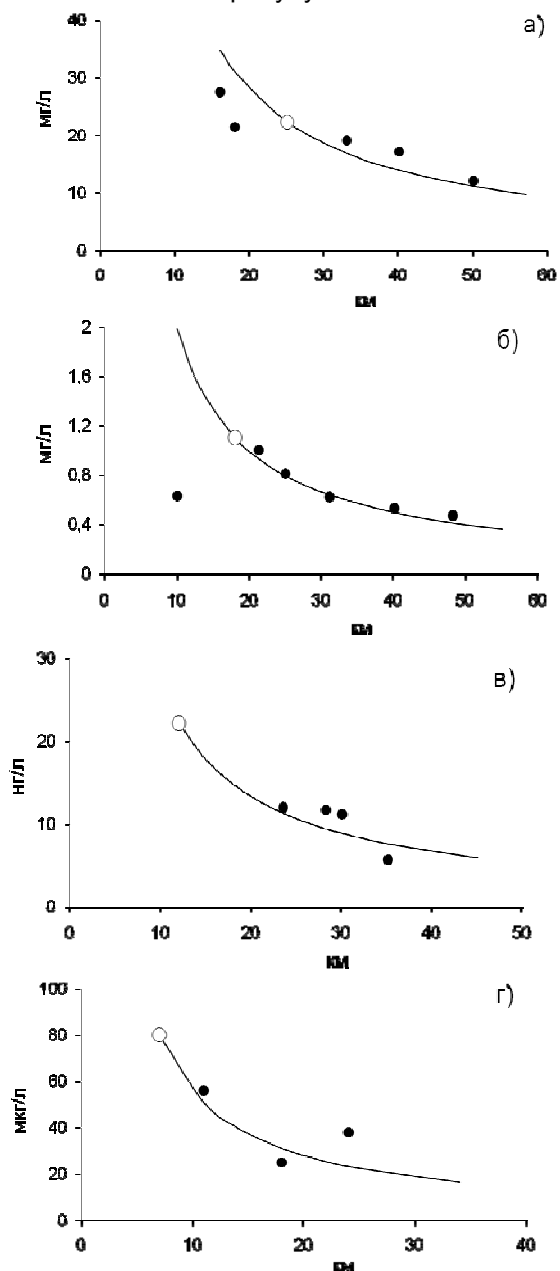


Рисунок 2. Измеренные и численно реконструированные концентрации в снегу в северо-восточном секторе выноса пыли от Новосибирска (а), хлоридов от Кемерово (б), бенз(а)пирена от Барнаула (в) и фторидов от Томска (г). ○ - опорные точки, ● - контрольные точки наблюдений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в рамках единой модели реконструкции регионального переноса примеси от площадных источников с использо-

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ РЕГИОНАЛЬНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ СНЕГОВОГО ПОКРОВА ГОРОДАМИ ЮГА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

ванием данных наблюдений проведено исследование количественного распределения пыли, тяжёлых металлов, ПАУ, изменения анионного состава снега в окрестностях крупных городов юга Западной Сибири: Новосибирска, Кемерово, Барнаула, Томска. Выявленные закономерности позволяют создать экономичную систему мониторинга и на её основе ограниченными средствами выполнить оценки суммарного выноса различных примесей от рассматриваемых городов за длительный промежуток времени, определить степень дополнительной антропогенной нагрузки различными компонентами примеси на окружающих их территориях, сравнить интенсивность поступления примесей и оценить дополнительные риски здоровью жителей населённых пунктов, попадающих в зоны значительного влияния городских выбросов.

Работа выполнена при финансовой поддержке Программы фундаментальных исследований Президиума РАН, проект 4.4, ИП СО РАН № 84.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Василенко В.Н., Назаров И.М., Фридман Ш.Д. Мониторинг загрязнения снежного покрова. – Л.: Гидрометеиздат, 1985. – 182 с.

2. Прокачева В.Г., Усачёв В.Ф. Снежный покров в сфере влияния города. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 176 с.

3. Бояркина А.П., Байковский В.В., Васильев Н.В., Глухов Г.Г., Медведев М.А., Писарева Л.Ф., Резчиков В.И., Шелудько С.И. Аэрозоли в природных планшетах Сибири. – Томск: Изд-во Томского университета, 1993. – 157 с.

4. Ландсберг Г.Е. Климат города. – Л.: Гидрометеиздат, 1983. – 248 с.

5. Безуглая Э.Ю., Расторгуева Г.П., Смирнова И.В. Чем дышит промышленный город. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 255 с.

6. Рапута В.Ф., Олькин С.Е., Резникова И.К. // Оптика атмосферы и океана. – 2008. – Т. 21, № 6. – С. 558-562.

7. Климат Новосибирска. – Л.: Гидрометеиздат, 1979. – 223 с.

8. Рапута В.Ф., Коковкин В.В., Морозов С.В. // Химия в интересах устойчивого развития. – 2010. – Т. 18, № 1. – С. 63-70.

9. Сонияси Р., Сандра П., Шлетт К. Анализ воды: органические микропримеси. С-Пб.: Теза, 1995. – 87 с.

10. Павлов В.Е., Морозов С.В., Рапута В.Ф., Коковкин В.В., Хвостов И.В. // Химия в интересах устойчивого развития. – 2011. – Т. 19, № 3. – С. 287-294.

ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ ИРРИГАЦИИ В АЛТАЙСКОМ КРАЕ И ВОПРОСЫ ЕЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

И.В. Орлова

Анализируются проблемы развития ирригации в Алтайском крае, приводятся данные о потенциальном и реальном фонде орошаемых земель, рассматриваются негативные экологические последствия ненормированного орошения и вопросы его экологической безопасности, изучаются научно обоснованные оросительные нормы для различных природно-климатических зон Алтайского края, приводятся рекомендации по внедрению экологического подхода в системы орошаемого земледелия.

Ключевые слова: ирригация, оросительные и поливные нормы, экологический подход, экологическая безопасность.

Орошение, или ирригация, как «система мероприятий по искусственному увлажнению почвы с целью создания благоприятных условий для роста и развития растений» имеет очень большое значение для развития аграрного сектора экономики [1], но в то же время представляет собой один из наиболее мощных по своему воздействию на окружающую среду видов антропогенной деятельности.

Современная концепция мелиорации исходит из того, что применение орошения обязательно должно сочетаться с требованиями экологической безопасности. Особо актуальны в настоящее время проблемы разработки экологоприемлемого соотношения площадей орошаемых и богарных земель в разных природно-климатических условиях, установления размеров орошаемых полей с учетом появления новых форм хозяйствования в аграр-