

ЛИТЕРАТУРА

1. Барсуков О.К. Методы исследования дисперсного состава пыли, определение PM₁₀, PM_{2,5} в вентиляционных выбросах на предприятиях стройиндустрии // Вестник ВолгГАСУ. Серия: строительство и архитектура. 2008. №12. С.85–88.
2. Богатиков О.А. Неорганические наночастицы в природе // Вестник РАН. 2003. Т.73, №5. С.426–428.
3. Глушко А.А. Экстремальная экология (человека и природы) // Инженерная экология. 2010. №1(91). С.4–24.
4. Ивлев Л.С., Довгалюк Ю.А. Физика атмосферных аэрозольных систем. СПб.: НИИХ СПбГУ, 1999. 194 с.
5. Куценогий К.П., Куценогий П.К. Аэрозоли Сибири. Итоги семилетних исследований // Сибирский экологический журнал. 2000. №1. С.11–20.
6. Новиков С.М., Иваненко А.В. Оценка ущерба здоровью населения Москвы от воздействия взвешенных веществ в атмосферном воздухе // Гигиена и санитария. 2009. № 6. С.41–43.
7. Сенотрусова С.В., Христофорова Н.К. Загрязнение атмосферы и состояние здоровья населения промышленных городов. СПб.: Астерион, 2004. 246 с.
8. Токсикологические и антимикробные свойства минеральных наночастиц / Голохваст К.С. [и др.] // Известия Самарского научного центра РАН. 2009. Т.11, №5(2). С.448–451.
9. Хотимченко С.А., Гмошинский И.В., Тутельян В.А. Проблема обеспечения безопасности наноразмерных объектов для здоровья человека // Гигиена и санитария. 2009. №5. С.7–11.
10. APHEIS: Air Pollution and Health: A European Information System «Health Impact Assessment of Air Pollution and Communication Strategy», 2005.
11. Health Aspects of Air Pollution – answers to follow-up questions from CAFE // Report on a WHO working group meeting Bonn, Germany, 15–16 January 2004.
12. Respiratory effects are associated with the number of ultrafine particles / Peters A. [et al.] // Am. J. Respir. Crit. Care Med. 1997. №155. P.1376–1383.

Поступила 02.02.2011

*Кирилл Сергеевич Голохваст, преподаватель кафедры инженерной экологии,
690950, г. Владивосток, ул. Суханова, 8;
Kirill S. Golokhvast,
8 Sukhanova Str., Vladivostok, 690950;
E-mail: droopy@mail.ru*



УДК 551.578.46:614.715

А.Г.Сергеева¹, Н.Г.Куимова²

СНЕЖНЫЙ ПОКРОВ КАК ИНДИКАТОР СОСТОЯНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА В СИСТЕМЕ САНИТАРНО-ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

¹Институт геологии и природопользования ДВО РАН,

²Амурский филиал Ботанического сада-института ДВО РАН, Благовещенск

РЕЗЮМЕ

Изучена степень загрязнения воздушной среды г. Благовещенска с использованием снежного покрова в качестве индикатора. Определено количественное распределение твердого осадка в снежном покрове на территории города, изучено содержание тяжелых металлов, исследованы источники и ореолы загрязнения.

Ключевые слова: аэротехногенное загрязнение, тяжелые металлы, снег, город.

SUMMARY

A.G.Sergeeva, N.G.Kuimova

SNOW COVER AS AN INDICATOR OF THE ATMOSPHERIC AIR CONDITION IN THE SYSTEM OF SANITARY-ECOLOGICAL MONITORING

The degree of air pollution in Blagoveshchensk with the use of snow cover as an indicator was studied. Quantitative distribution of snow firm deposit on the city territory is defined, heavy metals level is studied, the sources of pollution and auras of dispersion of metals are investigated.

Key words: aerotechnogenic pollution, heavy metals, snow, city.

Среди различных факторов внешней среды, влияющих на здоровье населения, особую роль играет загрязнение атмосферного воздуха канцерогенными веществами, что приводит к увеличению заболеваний городского населения за последние годы более чем в 1,5 раза. Основными источниками загрязнения воздушного бассейна городов сажей, пылью, полициклическими ароматическими углеводородами (ПАУ), тяжелыми металлами (ТМ), являются электростанции, бытовые печи, работающие на угле и автотранспорт. Большая часть ТМ, присутствующих в выбросах, относится к первому и второму классам опасности. Их негативное влияние на человека проявляется не только в прямом воздействии высоких концентраций, но и в отдаленных последствиях, связанных со способностью многих металлов накапливаться в организме.

Численность населения в г. Благовещенске с каждым годом уменьшается и составляет на данный момент 211,6 тыс. человек, в то время как численность транспортных средств, находящихся на учете ГИБДД, увеличивается, что неуклонно приводит к увеличению выбросов на душу населения города и отражается на здоровье человека.

Существуют различные методы оценки состояния атмосферного воздуха, но одним из самых доступных является мониторинг снежного покрова [1, 2, 6, 7]. Этот метод является относительно дешевым и информативным индикатором загрязнения выбросами промышленных предприятий, автотранспорта в зимний период. Снег обладает высокой сорбционной способностью и является носителем не только влажных, но и сухих выпадений, поэтому дает объективную оценку всех атмосферных загрязнений за зимний период.

Целью исследования явилось изучение степени загрязнения воздушной среды г. Благовещенска с использованием снежного покрова в качестве индикатора.

Материалы и методы исследования

При отборе снежных образцов были охвачены основные функциональные зоны города: промышленная, селитебно-транспортная, парково-рекреационная (рис. 1). В качестве условно фоновой выбрана территория памятника природы «урочище» Мухинка, расположенная в 40 км к северу от города.

Опробование снега проводили на всю глубину снежного покрова, методом конверта со стороной 10 м. Пробы снега, весом до 6 кг каждая, отбирали в полиэтиленовые мешки.

Снег растапливали при комнатной температуре и фильтровали. Определение элементов проводили на атомно-абсорбционном спектрофотометре Hitachi 180-50 (Япония).

Для оценки содержания ТМ (Cd, Pb, Cu, Zn, Co, Ni, Cr) в растворимой фракции и твердом осадке снега использовали коэффициенты техногенной концентрации (K_c) по сравнению с фоном [3, 5]:

$$K_c = C_i / C_{K1},$$

где K_c – коэффициент концентрации; C_i – концентрация элемента в твердом осадке снега, отобранного в черте

города; C_{K1} – концентрация элемента в твердом осадке снега фоновой территории (K1).

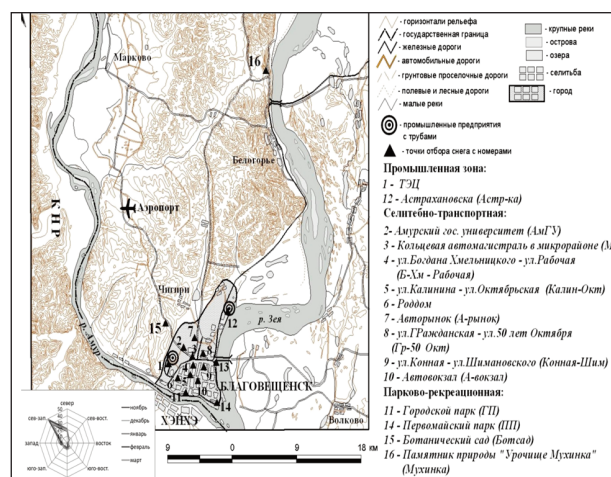


Рис. 1. Карта точек отбора образцов.

Для определения степени полиэлементного загрязнения снежного покрова использовали суммарный показатель загрязнения [7]:

$$Z_c = \sum K_{ci} - (n-1),$$

где Z_c – показатель суммарного загрязнения; K_{ci} – коэффициенты концентрации элементов, n – число определяемых ТМ.

Результаты исследования и их обсуждение

Большое индикаторное значение для определения характера твердых техногенных выбросов в атмосферу имеет исследование нерастворимой фракции снега – осадка, состоящего из пыли (строительной, цементной, дорожной), золы, сажи (продуктов сгорания угля).

Максимальное содержание твердых выбросов на территории города, где основной составляющей является песок (табл.), установлены в районах с наиболее интенсивным движением автотранспорта: ул. Гражданская – 50 лет Октября (т. 8) > автовокзал (т. 10) > частный жилой сектор (т. 9). Содержание пылевых выбросов в указанных точках в 40-240 раз превышает фоновое.

Максимальное содержание продуктов неполного сгорания угля установлено в осадке снега в районе ТЭЦ, потеря при прокаливании (ППП) осадка достигает 67%; в частном жилом секторе (т. 9) – 22%; в районах воздействия котельных (т. 12, 13, 14) PPP составляет 22 – 28% (табл.).

В зоне влияния ТЭЦ в снежном покрове формируется очень объемный осадок, хотя по весу незначительный, в состав которого входят сажа и другие продукты сгорания угля. Эти продукты рассеиваются воздушными потоками практически по всей центральной части города, загрязняя снег, а после его таяния и почвенный покров. Кроме этого продукты неполного сгорания угля могут оказывать негативное влияние на человека, так как в своем составе содержат ПАУ, оказывающие канцерогенное воздействие, ТМ и др. Особая опасность тонких выбросов сажи в том, что они

способствуют глубокому проникновению токсикантов в организм человека через органы дыхания.

Таблица
Содержание твердого осадка и продуктов неполного сгорания угля в снежном покрове на территории города

№	Точки отбора	ППП, %	Твердый осадок, %
1	ТЭЦ	67,13	0,0656
12	Астрахановка	22,18	0,0297
2	АмГУ	16,75	0,008
3	Микрорайон	14,81	0,0334
4	Б. Хмельницкого – Рабочая	13,47	0,0844
5	Калинина – Октябрьская	19,03	0,1981
6	Роддом	20,14	0,0425
7	Авторынок	16,17	0,0425
8	Гражданская – 50 лет Октября	11,47	0,5964
9	Шимановского – Конная	21,56	0,2072
10	Автовокзал	9,35	0,4713
13	Судоверфь	27,46	0,1048
11	Городской парк		0,0059
14	Первомайский парк	26,78	0,1646
15	Ботанический сад		0,0029
16	Мухинка		0,003

ТМ накапливаются в организме человека, вызывая болезни органов дыхания, кровообращения и нервной системы. Вредное воздействие свинца на здоровье человека проявляется в повышении кровяного давления, нарушении деятельности нервной системы, печени, почек, снижении репродуктивной функции. Большая часть свинца поступает в организм с продуктами питания, а также с водой и пылевыми аэрозолями [4].

Соли кадмия обладают мутагенными и канцерогенными свойствами и представляют потенциальную генетическую опасность. Кадмий блокирует работу ряда важных для жизнедеятельности организма ферментов, поражает печень, почки, поджелудочную железу, способен вызвать эмфизему или даже рак легких. Вредность кадмия усугубляется его исключительной способностью к биоаккумуляции [4].

Даже при незначительных концентрациях хрома в воздухе возникает раздражение слизистой оболочки верхних дыхательных путей, что вызывает насморк, першение в горле, сухой кашель. При более высоких

концентрациях могут появиться кровотечения из носа и даже разрушение носовой перегородки. Наряду со специфическим действием на слизистые оболочки, соединения хрома обладают токсическим действием, поражая желудочно-кишечный тракт. Хронические отравления хромом сопровождаются головными болями, исхуданием, поражением почек. Организм приобретает большую склонность к воспалительным и язвенным изменениям желудочно-кишечного тракта и катаральному воспалению легких [4].

Цинк оказывает на человека общетоксическое, раздражающее, канцерогенное действие; вызывает сухость в горле, тошноту, кашель, раздражение кожи, слизистых оболочек, бессонницу, снижение массы тела, ослабление памяти, малокровие, отек легких, кровоизлияние.

Чтобы установить количественное содержание ТМ в воздушной среде Благовещенска за продолжительный зимний период, определены коэффициенты концентрирования (K_c) металлов (Cd, Pb, Cu, Zn, Co, Ni, Cr) в снежном покрове города относительно фона.

ТМ в составе техногенных выбросов осаждаются в снежном покрове, а при таянии снега образуют минеральные и подвижные формы, последние считаются наиболее агрессивными, так как являются доступными для живых организмов. Содержание растворимых соединений ТМ в снежном покрове на территории Благовещенска не превышает ПДК для природных вод. Однако если сравнить содержание подвижных форм ТМ на территории города относительно фона, то увеличение подвижности элементов составило от 2 до 17 раз. Подвижность такого токсичного элемента, как Cd, относящегося к первому классу опасности, значительно увеличивалась на всей территории города в сравнении с фоном. Наибольшее содержание растворимой фракций ТМ выявлено в зоне воздействия ТЭЦ – для Pb, Zn, Ni, на территории частного жилого сектора (т. 9) – для Cu, Zn, Cr, а в районе автовокзала установлено увеличение подвижности практически всех изученных элементов.

Основная доля ТМ, выпадающих с зимними осадками, содержится в форме нерастворимых соединений (сульфиды, оксиды, карбонаты), которые являются потенциально опасными для живых организмов, так как становятся доступными для растений при соответствующей трансформации в результате изменения кислотности почвенных растворов или воздействия микроорганизмов. Изучен микроэлементный состав твердого осадка снега на городской территории, рассчитаны коэффициенты концентрирования относительно фона.

Содержание Cd в снежном покрове превышает фоновые значения в 3-4 раза. На территории выделены две техногенные аномалии (рис. 2): промышленная зона влияния (т. 1, 15), вторая техногенная аномалия формируется на стрелке, в месте слияния рек Амур и Зея, охватывая частично селитебно-транспортную (т. 9, 10, 13) и парковую (т. 11, 14) зоны. На формирование техногенного загрязнения Cd в парковой зоне влияют географическое положение города, рельеф, роза вет-

ров. Первомайский парк (т. 14) расположен на юго-западе города, в точке слияния двух рек, в этом направлении происходит рассеивание ТМ по розе ветров, сюда же устремляются турбулентные потоки вдоль рек.

Основным источником загрязнения Pb является автотранспорт, использующий бензин с присадкой свинца. Максимальные содержание свинца установлено в Городском парке (т. 11), что является результатом воздействия автотранспорта. Широкая зона рассеяния токсиканта проходит от ТЭЦ по центральной части города (т. 15, 1, 4, 9) и смыкается с узкой полосой вдоль р. Зей (т. 12, 13) (рис. 2).

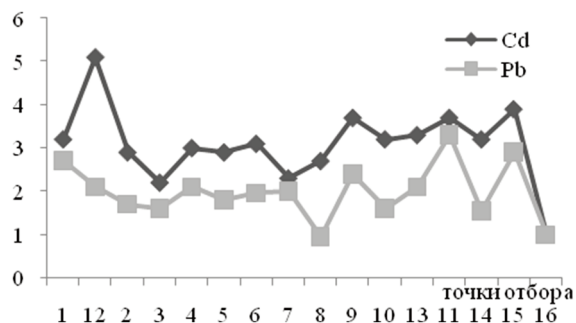


Рис. 2. Распределение коэффициентов концентрации кадмия и свинца в снежном покрове на городской территории.

Техногенные зоны загрязнения Cu и Zn имеют определенную взаимосвязь (рис. 3). Основными источниками выбросов меди и цинка являются предприятия топливно-энергетического комплекса (т. 1, 12), где превышение цинка достигает в 4-5 раз относительно фона, и автомобильный транспорт (т. 3, 4, 5, 9). Указанные элементы имеют широкий техногенный ореол рассеяния на городской территории. Основными источниками выбросов меди и цинка на территории г. Благовещенска являются продукты сгорания твердого топлива при работе ТЭЦ, котельных, печном отоплении и автотранспорт.

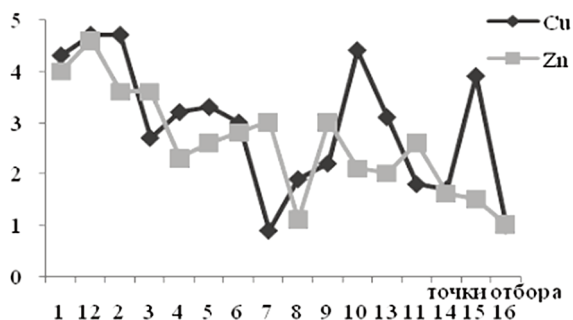


Рис. 3. Распределение коэффициентов концентрации меди и цинка в снежном покрове.

Распределение Ni, Co и Cr в снежном покрове городской территории представлено на рисунке 4. Содержание никеля в твердом осадке снега на территории города в среднем превышает уровень фона в 2 раза, небольшие техногенные аномалии выявлены в районе Астрахановки (т. 12), где расположены птицефабрика, спиртозавод, и в Городском парке (т. 11).

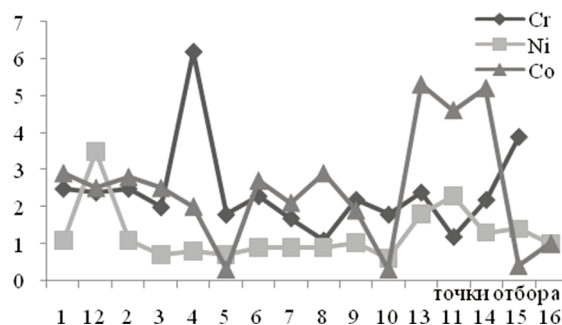


Рис. 4. Распределение коэффициентов концентрации никеля, кобальта и хрома в снежном покрове.

Установлен широкий ореол рассеяния кобальта на территории города с превышением фоновых содержаний в 3 раза. Узкая зона максимального техногенного загрязнения выявлена вдоль р. Зей (т. 12, 13, 14).

Содержание хрома в снежном покрове на всех точках исследования превышает фоновое в 2-3 раза, повышенное значение Кс (4,6) установлено в твердом осадке снега на территории Ботанического сада. Максимальное содержание Cr (превышение в 6 раз относительно фона) выявлено в точке 4 (перекресток улиц Б. Хмельницкого – Рабочая). Здесь расположено ОАО «Производственно-ремонтное предприятие», которое занимается производством чугуна, стального и цветного литья. Высокое содержание хрома в снежном покрове на указанной точке наблюдения, вероятно, связано с деятельностью этого предприятия. Таким образом, на территории города формируются широкие ореолы рассеяния Ni, Co и Cr, тогда как явные источники техногенных выбросов отсутствуют. Одной из причин такого явления может быть трансграничный перенос загрязнителей с воздушными массами со стороны Китая. Китай является крупнейшим потребителем угля в мире и, соответственно, одним из основных в мире источников выбросов при его сжигании в зимнее время [8, 9]. Огромное количество поллютантов, в том числе тяжелые металлы, переносятся потоками воздушных масс на сопредельные территории.

В результате выполненных исследований выявлено полиэлементное загрязнение снега в зоне действия выбросов ТЭЦ (Pb, Cd, Cu, Zn), на территории частного жилого сектора (Pb, Cd, Zn), и Астрахановки (Zn, Cu, Co, Ni), которая расположена на северо-восточной окраине города. Основными источниками выбросов на данной территории являются птицефабрика, спиртозавод и котельные ряда частных предприятий.

На территории Городского парка установлено высокое содержание Pb, Cd, Cu, что объясняется выбросами ТЭЦ, направленными по розе ветров в сторону парка, а также активным движением автотранспорта.

В снежном покрове на территории Ботанического сада выявлены высокие содержания Pb, Cd, Cu, Cr, которые превышают содержание указанных элементов в зоне влияния ТЭЦ. Ботанический сад расположен северо-западнее ТЭЦ, в противоположной стороне от господствующего направления ветра, в связи с этим,

выбросы ТЭЦ не могут быть основным источником техногенного загрязнения. Основное влияние на принос поллютантов с воздушными массами на территорию Ботанического сада, по-видимому, оказывает аэропорт, расположенный от него в нескольких километрах к северо-западу, а также трансграничный перенос загрязнителей со стороны Китая.

Полиэлементное загрязнение почв вызывает большие проблемы при нормировании степени загрязнения. Пока проблема взаимодействия нескольких тяжелых металлов и металлоидов не решена, исследователи пошли по пути формального подсчета коэффициентов суммарного загрязнения (Z_c), которые не только утверждены санитарно-гигиеническими нормами, но и условно классифицированы по классам опасности [5].

Максимальные значения суммарного загрязнения снежного покрова (рис. 5) на территории Благовещенска установлены в Астрахановке ($Z_c=20$) и ТЭЦ ($Z_c=15$). В точках отбора проб, находящихся в зоне влияния ТЭЦ, показатели Z_c снижаются по мере удаления от основного источника выбросов.

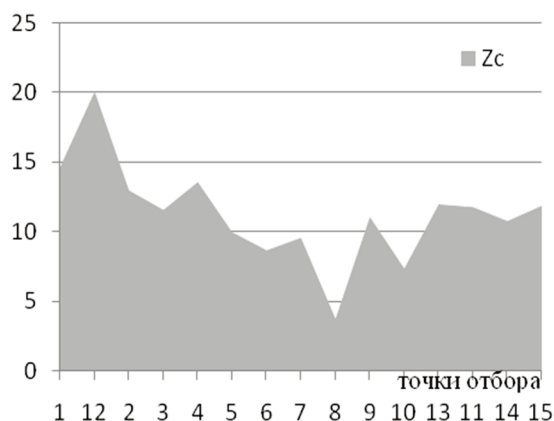


Рис. 5. Показатели суммарного загрязнения снежного покрова в точках исследования.

Повышение суммарного показателя техногенного загрязнения ($Z_c=11-12$) выявлено на территориях частного жилого сектора (Конная – Шимановского), судоверфи, Ботанического сада и парках города (ГП, ПП). Основными источниками полиэлементного загрязнения в промышленной и селитебно-транспортной зонах города являются продукты неполного сгорания топлива и автотранспорт. Территории Городского и Первомайского парков города расположены на набережной Амура, поэтому одной из причин повышенного содер-

жания ТМ в снежном покрове является перенос токсикантов от источников выбросов по розе ветров в сторону парковой зоны, не исключен трансграничный перенос поллютантов, выпадающих на территории города с осадками.

Таким образом, в соответствии с Методическими рекомендациями [5], определяющими классы опасности загрязнения ТМ по показателю Z_c , нами установлено, что общее аэротехногенное загрязнение ТМ на территории города относится к низкому уровню. На основании полученных результатов можно говорить об относительно благополучном состоянии воздушной среды г. Благовещенска.

Работа выполнена в рамках гранта ДВО РАН 11 – III-B-09-009.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ардаков Г.Н. Использование снежного покрова в городах для оценки их влияния на окружающую природную среду: автореф. дис. ... канд. тех. наук. Самара, 2004. 21 с.
2. Валетдинов А.Р. Технология комплексной оценки влияния промышленных объектов на загрязненность тяжелыми металлами природных сред по результатам мониторинга снежного покрова: автореф. дис. ... канд. тех. наук. Казань, 2006. 19 с.
3. Василенко В.Н., Назаров И.М., Фридман И.О. Мониторинг загрязнения снегового покрова. Л.: Гидрометеиздат, 1985. 181 с.
4. Голдовская Л.Ф. Химия окружающей среды. М.: Мир, 2005. 295 с.
5. Методические рекомендации по оценке степени загрязнения атмосферного воздуха населенных пунктов металлами по их содержанию в снежном покрове и почве: утв. Главным государственным санитарным врачом СССР от 15.05.1990 г., №5174-90: URL: <http://www.law.edu.ru/norm/norm.asp?normID=1275817> (дата обращения: 10.02.2011).
6. Перельман А.И., Касимов Н.С. Геохимия ландшафта. М.: Астрель-2000, 1999. 768 с.
7. Геохимия окружающей среды / Сает Ю.У. [и др.]. М.: Недра, 1990. 335 с.
8. Simonich S.M., Motorykin O., Jariyasopit N. PAN intermediates: Links between the atmosphere and biological systems // Chemico-Biological interactions, 2010.
9. Xu S, Liu W., Tao S. Emission of polycyclic aromatic hydrocarbons in China // Environmental science and Technology. 2006. Vol.40. P.702–707.

Поступила 03.03.2011

*Алена Геннадьевна Сергеева, младший научный сотрудник,
675000, г. Благовещенск, пер. Релочный, 1;
Alyona G. Sergeeva,
1 Relochnyi Lane, Blagoveshchensk, 675000;
E-mail: skomoroshko@mail.ru*

