

УДК 502(571.621)

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ СНЕЖНОГО ПОКРОВА КАК ПОКАЗАТЕЛЬ КАЧЕСТВА УРБАНИЗИРОВАННОЙ СРЕДЫ (НА ПРИМЕРЕ г. БИРОБИДЖАНА)

Калманова В.Б.

ФГБУН «Институт комплексного анализа региональных проблем Дальневосточного отделения Российской академии наук», Биробиджан, Россия (679016, Биробиджан, ул. Шолом-Алейхема, 4), e-mail: Kalmanova@yandex.ru

На примере среднего города Дальнего Востока – Биробиджана использован снежный покров как индикатор экологического состояния городской среды. Установлен ранжированный ряд загрязняющих снежный покров токсичных веществ, где лидирующие позиции занимают сульфаты, влияющие на изменения реакции среды в щелочную сторону, а также железо, марганец, медь и др. С 2003 по 2009 год содержание тяжелых металлов в снеге увеличилось на 35–40 % за счет мобильных источников загрязнения, ТЭЦ, котельных. Рассчитан суммарный показатель концентрации тяжелых металлов в снежном покрове и выявлено 5 уровней геохимических аномалий: очень высокий, высокий, выше среднего, средний, слабый. 70 % территории города является загрязненной микроэлементами. По полученным результатам разработана карта в программе ArcView GIS «Зонирование территории г. Биробиджана по уровню загрязнения снежного покрова на основе расчета суммарного показателя концентрации тяжелых металлов» с выделением наиболее загрязненных участков.

Ключевые слова: урбанизированная территория, снежный покров, тяжелые металлы, суммарный показатель концентрации, Биробиджан.

THE ECOLOGICAL CONDITION OF THE SNOW COVER AS AN INDICATOR OF THE QUALITY OF THE URBAN ENVIRONMENT (BY THE EXAMPLE OF BIROBIDZHAN)

Kalmanova V.B.

Federal state budgetary establishment of science - Institute for complex analysis of regional problems of the Russian Academy of Sciences, Far Eastern branch, Birobidzhan, Russia (679016, Birobidzhan, street Sholom Aleihem, 4), e-mail: Kalmanova@yandex.ru

For example, the middle city of the Far East – Birobidzhan used snow cover as an indicator of the ecological state of the urban environment. Set ranked a number of polluting snow cover of toxic substances, where the leading positions are occupied sulfates, influencing changes of the reaction medium to the alkaline side, as well as iron, manganese, copper, etc. From 2003 to 2009, the content of heavy metals in snow increased by 35-40% due to mobile sources of pollution, power plants, boilers. Calculated total concentrations of heavy metals in snow cover and identified 5 levels of geochemical anomalies: very high, high, above average, average, weak. 70 % of the city is polluted by trace elements. The results map has been in the program ArcView GIS "Zoning the city of Birobidzhan in the level of pollution of snow cover based on the calculation of total concentrations of heavy metals" with the release of the most contaminated sites.

Keywords: the urbanized territory, snow cover, heavy metals, total concentrations, Birobidzhan.

Урбанизация – одна из основных социально-экологических проблем нашего времени. Города стали центрами сосредоточения населения, выпускаемой промышленной продукции, транспортных потоков и обусловленного в связи с этим интенсивного импактного загрязнения городской среды [6]. Многие города по интенсивности загрязнения и площади распространения токсичных веществ в различных природных средах уже сейчас представляют собой техногенные геохимические аномалии [12]. Среди специфических поллютантов в городах приоритетные позиции занимают тяжелые металлы (ТМ). Прежде всего, представляют интерес те металлы, которые в наибольшей степени загрязняют окружающую природную среду и являются опасными с точки зрения их биологической

активности и токсических свойств. К ним относятся свинец, кадмий, цинк, кобальт, никель и т.д. [4, 6]. Наибольшее поступление поллютантов в окружающую природную среду отмечается зимой, во время отопительного сезона. В этом случае важным индикатором качества урботерриторий выступает снежный покров [12].

Концентрация примесей в снеге отражает их содержание в атмосфере и указывает на источник и механизм образования аэрозолей вблизи места отбора проб. Снежный покров не активен ни в химическом, ни в биологическом отношении, в нем не происходит химических трансформаций веществ, следовательно, он является индикатором предшествовавшего загрязнения атмосферы и будущего загрязнения почвы и гидросферы [3].

Количество работ по загрязнению снежного покрова стало особенно быстро расти с середины 70-х годов прошлого столетия. В них рассматривалась возможность использования снега в качестве показателя атмосферного загрязнения веществами: сульфатами, нитритами, аммонием, ТМ, полициклическими ароматическими углеводородами, хлорорганическими пестицидами и рядом других веществ, включая газообразные [6]. Работы в этом направлении получили широкое распространение и проводятся на территории многих промышленных городов: Москвы, Нижнего Новгорода, Саратова, Тюмени, Хабаровска и др. [2, 7, 9, 12].

Несмотря на то, что Биробиджан является сравнительно молодым и небольшим по размерам городом, существенную долю в структуре производства составляют промышленность и автотранспорт, уровень воздействия на окружающую природную среду которых ежегодно увеличивается, что способствует загрязнению снежного покрова и в последующем природных компонентов. Поэтому целью нашей работы является определение экологического состояния снежного покрова для оценки качества урбанизированной среды (на примере г. Биробиджана).

Объекты и методы исследования

Биробиджан относится к средним городам Дальнего Востока, является административным центром Еврейской автономной области, по набору выполняемых функций его можно считать полифункциональным образованием. Многоотраслевая промышленность (ТЭЦ, стройиндустрия, легкая промышленность), автомобильный и железнодорожный транспорт являются ключевыми источниками поступления тяжелых металлов в городскую среду. Предприятия расположены по всей территории города, с наибольшим сосредоточением в его северо-западной, центральной, северо-восточной части. В зоне воздействия автотранспорта находится значительная часть городской территории – 182,47 км², что составляет 91,2 % от общей площади Биробиджана [4]. В транспортной структуре преобладают импортные автомобили с большим сроком эксплуатации, что приводит к значительному поступлению поллютантов в окружающую природную среду.

Основным объектом изучения является снежный покров, который обладает не только аккумулярующей способностью по отношению к загрязнителям, тем самым оказывая неблагоприятное воздействие на природные компоненты при снеготаянии, но и может свидетельствовать о состоянии урбанизированной территории в целом за зимний период.

Методика зимних полевых работ основывается на применении традиционных стационарных способов гидрометеорологических наблюдений. Отбор проб снега и подготовку его к анализу проводят в соответствии с «Гигиеническими требованиями к обеспечению качества атмосферного воздуха населенных мест» (СанПиН 2.1.6.1032-01) [11].

Мониторинг экологического состояния снежного покрова на территории Биробиджана проводился в течение семи лет (2003–2009 гг.). Общее за все годы число точек контроля составило 60 [4]. В ходе снегосъемки определялось содержание в снежном покрове наиболее характерных для выбросов города веществ: сульфатов, хлоридов, железа, марганца, никеля, кобальта, меди, свинца, цинка. Химический анализ проводился совместно с ФГУЗ «ЦГиЭ ЕАО» методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии.

Показателем загрязнения снежного покрова тяжелыми металлами является фоновый уровень. В качестве эталонов сравнения использовались фоновые аналоги проб снега, собранные на крайнем северо-западе города (Индустриальный район) с учетом розы ветров, планировочной структуры и геохимических особенностей территории. Характеристика снежного покрова проводилась по геохимическим показателям. Они учитывают распределение как отдельных металлов, участвующих в загрязнении, так и их ассоциации, обусловленных полиэлементностью химического состава техногенных потоков, формирующих загрязнение. К таким показателям относятся коэффициент концентрации химических элементов и суммарный показатель концентрации (СПК). Коэффициент концентрации – это показатель кратности превышения содержаний химических элементов в точке опробования над его средним содержанием в аналогичной природной среде на фоновом участке. Суммарный показатель концентрации представляет собой сумму превышения коэффициентов концентраций химических элементов, рассчитывается по формуле (1) [10]:

$$СПК = \sum_{i=1}^n \frac{C_i - C_{\phi}}{C_{\phi}} = \sum_{i=1}^n (K_{ki} - 1) \quad (1), \text{ где:}$$

C_i – содержание элемента в пробе, мг/кг, C_{ϕ} – фоновое содержание элемента, мг/кг; K – коэффициент концентрации относительно фона; n – количество элементов в пробе с величиной $K > 2$.

Анализ проводился по разработанной шкале оценки опасности загрязнения депонирующих сред (табл. 1).

Таблица 1

Шкала оценки загрязнения депонирующих сред г. Биробиджана по суммарному показателю концентраций тяжелых металлов

Шкала оценки, балл	Величина СПК ТМ в депонирующих средах (мг/кг)				Уровень загрязнения	Оценка экологической обстановки
	Растительность		Снег (мг/дм ³)	Почва		
	листва	кора				
1	<17	<19	<10	<14	слабый	относительно удовлетворительная
2	18-35	20-39	11-21	15-29	средний	конфликтная
3	36-53	40-59	22-32	30-44	выше среднего	напряженная
4	54-71	60-79	33-43	45-59	высокий	критическая
5	>72	> 80	>44	>60	очень высокий	кризисная

Результаты экологического состояния снежного покрова легли в основу при разработке карты «Зонирование территории г. Биробиджана по уровню загрязнения снежного покрова на основе расчета СПК ТМ» масштаба 1:25000. Данная карта составлена традиционным методом и оцифрована с применением программного обеспечения ArcView GIS в лаборатории геоэкологии Института комплексного анализа региональных проблем ДВО РАН (г. Биробиджан).

Результаты исследования и их обсуждение

Суммарная концентрация контролировавшихся в снежном покрове веществ изменялась за 7-ми летний период на территории города от 0,5 до 31 мг/дм³. При этом определяющими общий уровень загрязнения являются сульфаты и ТМ (табл.2). Одним из основных экологических последствий сульфатного загрязнения является изменение реакции среды. Там где обнаружено высокое содержание сульфатов, рН характеризуется показателями больше 7 (п. Партизанский, ул. Широкая, ул. Волочаевская, район городской свалки и др.). В группе ТМ значительно превышает фоновый уровень железо (от 2 до 60 раз), марганец (от 1 до 50 раз), медь (от 1,5 до 40 раз), цинк (от 2 до 20 раз), никель (от 1 до 12 раз), свинец (от 0,5 до 10 раз), кобальт (от 0, 5 до 6 раз). Локальные концентрации свинца в снежном покрове могут достичь очень больших значений вблизи основных автомагистралей. Промышленные аэрозольные выбросы могут захватываться падающими снежинками, в результате чего в снежном покрове на обширных территориях существенно возрастают концентрации свинца и цинка (Zn) – металлов, особо токсичных для флоры и фауны.

Таблица 2

Оценка суммарного уровня загрязняющих веществ в снежном покрове г. Биробиджана (2003–2009 гг.)

№ п/п	Показатель загрязнения	Концентрация, мг/дм ³	
		Средние	Предельные за период наблюдения
1.	Сумма концентраций всех веществ	16,5	221,3-609,3
2.	Сумма концентраций всех металлов	3,06	48,3-220,7
3.	Сульфаты (SO ²⁻)	8,4	3,6-16,3
4.	Хлориды (Cl ⁻)	5	1,5-16,5
5.	Железо	3	0,3-24
6.	Свинец	0,004	0,008-0,08
7.	Никель	0,003	0,003-0,05
8.	Марганец	0,04	0,06-23,9
9.	Кобальт	0,003	0,006-0,04
10.	Медь	0,005	0,008-0,4
11.	Цинк	0,005	0,01-0,38

Значительный разброс данных свидетельствует о неравномерном загрязнении территории города. Существуют районы с благоприятным экологическим состоянием природного компонента, так и напряженные участки. Таким образом, ранжированный ряд загрязняющих снежный покров веществ имеет следующий вид: SO²⁻ > Cl⁻ > Fe > Mn > Cu > Ni > Zn > Pb > Co.

Локальные зоны повышенного загрязнения отдельными веществами образуются в районах расположения стационарных источников и, как правило, занимают сравнительно небольшие площади (рис. 1).

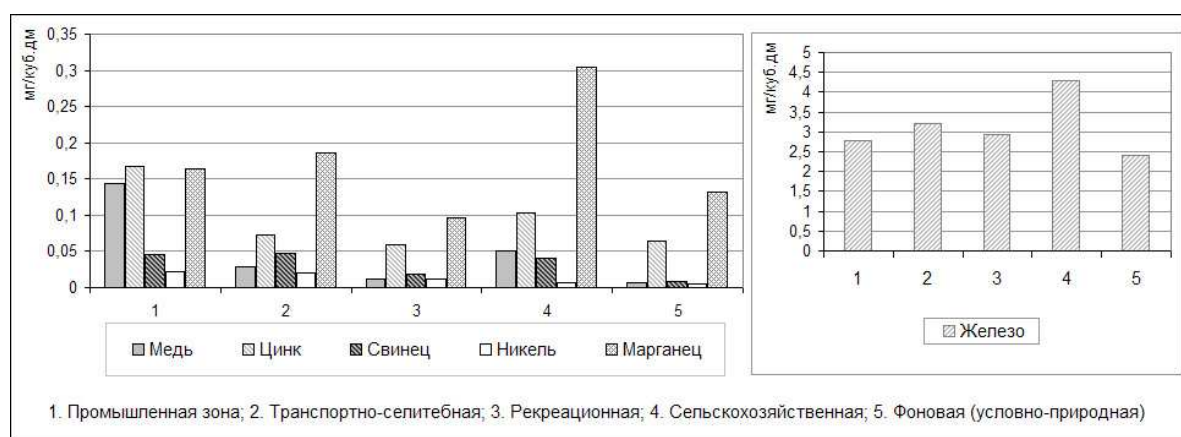


Рис.1. Содержание металлов в снежном покрове г. Биробиджана (2009 г.)

По суммарному показателю концентрации ТМ в Биробиджане было выявлено 5 уровней геохимических аномалий в снежном покрове (рис. 2).

Анализ химического состава проб снега, отобранных в разные годы, дал возможность на основе распределения геохимических аномалий оценить экологическую ситуацию Биробиджана. Загрязненной оказалась 70 % территории от общей площади города.

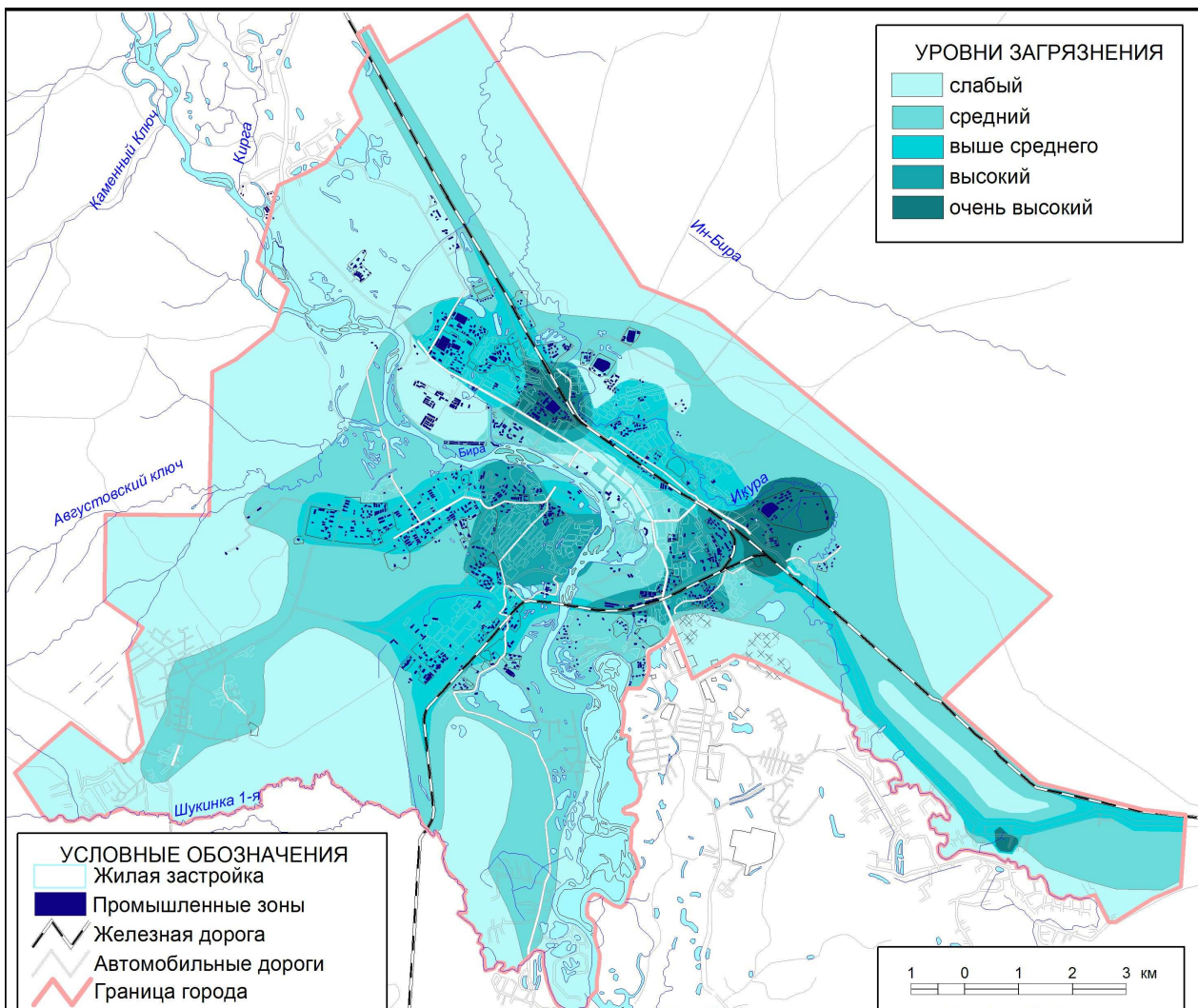


Рис. 2. Зонирование территории г. Биробиджана по уровню загрязнения снежного покрова на основе расчета СПК ТМ

В отличие от почвенного и растительного покровов снег отличается самыми высокими концентрациями загрязнения. По его состоянию городскую территорию в зимний период можно признать неудовлетворительной. В основном происходит загрязнение промышленной, транспортно-селитебной и сельскохозяйственной территорий. Материалы исследований загрязнения снежного покрова городов и полученные в работе результаты могут быть использованы в ходе решения градостроительных задач, включающих разработку экологического блока:

- ✓ разработка планировочной структуры города;
- ✓ детальная проработка архитектурно-планировочных вопросов отдельных населенных мест;
- ✓ разработка гигиенических и природоохранных мероприятий, включая выделение охранных и санитарно-защитных зон, зон рекреации, зон складирования отходов, включая снег.

Заключение

В ходе проведенных исследований дана оценка экологическому состоянию снежного покрова г. Биробиджана. Анализ накопления поллютантов в снеге показал, что их содержание в пределах городской застройки в 10–15 раз выше, чем в окрестностях. Очаги загрязнения формируются вблизи заводов, котелен, автотранспортных предприятий и связаны с основными направлениями движения автотранспорта.

По результатам СПК ТМ в снежном покрове составлена карта, отражающая качество городской среды в зимний период. В целом экологическое состояние урбанизированной территории признано неудовлетворительным (8 % площади территории относится к очень высокому, 14 % – к высокому, 21 % – к выше среднему, 27 % – к среднему уровням загрязнения, 30 % – к относительно чистым районам города).

В качестве конструктивного метода при планировании урбанизированной территории необходимо использовать геомониторинг, применение которого позволит дать экологическую оценку городской среды и на основании этого принять решения по улучшению комфортности проживания городского населения [5, 8]. Важно ежегодно проводить контроль за загрязнением снежного покрова, особенно на территориях, прилегающих к промышленным комбинатам, автомагистралям, так как с его таянием поллютанты поступают на поверхность ландшафта.

Список литературы

1. Ардаков Г.Н. Снежный покров как индикатор загрязнения объектов окружающей среды // «Великие реки 2001»: мат-лы Междунар. конгресса (Нижний Новгород, 15–18 мая 2001 г.). – Нижний Новгород, 2001. – С. 141-142.
2. Быкова М.А., Абросимова О.В., Тихомирова Е.И., Макарова А.А. Комплексная оценка состояния окружающей среды г. Саратова по данным химического и микробиологического загрязнения // *Фундаментальные исследования*. – 2012. – № 5–1. – С. 133-137.
3. Василенко В.Н., Назаров И.М., Фридман Ш. Д. Мониторинг загрязнения снежного покрова. – Л.: Гидрометеиздат, 1985. – 182 с.
4. Калманова В.Б. Анализ распределения свинца в системе почва-растительность г. Биробиджана // *Фундаментальные исследования*. – 2014. – № 8–7. – С. 1605-1611.
5. Калманова В.Б. Основные мероприятия по оптимизации системы мониторинга экологического состояния средних и малых городов (на примере г. Биробиджана) // *Региональные проблемы*. – 2012. – Т. 15. – № 1. – С. 69-73.

6. Курбатова А.С., Башкин В.Н., Касимов Н.С. Экология города. – М.: Научный мир, 2004. – 619 с.
7. Ларина Н.С., Куранова М.Н., Палецких Н.С. Химико-экологический мониторинг снегового покрова города Тюмени // Успехи современного естествознания. – 2006. – № 11. – С. 38-41.
8. Мирзеханова З.Г. Региональная экологическая политика: содержание и индикаторы реализации отдельных направлений // Вестник ДВО РАН. – 2014. – № 3 (175). – С.77-85.
9. Новороцкая А.Г. Химический состав снежного покрова как индикатор экологического состояния Нижнего Приамурья: автореф. дис. ... канд. геогр. наук. – Хабаровск, 2002. – 24с.
10. Саев Ю.Е., Ревич Б.А. Эколого-геохимические подходы к разработке критериев нормативной оценки состояния городской среды // Известия АН СССР. Серия географическая. – 1988. – № 4. – С. 37-46.
11. СанПиН 2.1.6.1032-01. Гигиенические требования к обеспечению качества атмосферного воздуха населенных мест. – М.: Мин-во здравоохранения Российской Федерации, 2001. – № 14. – 12 с.
12. Экогеохимия городских ландшафтов [под ред. Н.С. Касимова]. – М.: МГУ, 1995. – 336 с.

Рецензенты:

Мирзеханова З.Г., д.г.н., профессор, заведующая лабораторией оптимизации регионального природопользования, ФГБУН «Институт водных и экологических проблем Дальневосточного отделения Российской академии наук», г. Хабаровск;

Бочарников В.Н., д.б.н., профессор, ведущий научный сотрудник лаборатории экологии и охраны животных, зав. группой геоинформационных основ оценки биоразнообразия, ФГБУН «Тихоокеанский институт географии Дальневосточного отделения РАН», г. Владивосток.