

ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ Г. БИРОБИДЖАНА ПО УРОВНЮ ЗАГРЯЗНЕНИЯ СНЕЖНОГО ПОКРОВА

Калманова В.Б.,

*Институт комплексного анализа региональных проблем ДВО РАН, Биробиджан
Kalmanova@yandex.ru*

Аннотация.

В статье представлены результаты исследования эколого-геохимического состояния снежного покрова как индикатора качества атмосферного воздуха г. Биробиджана. Выявлены основные природные и антропогенные факторы, предопределяющие экологическое состояние городской территории в зимний период (климатические, планировочная структура, стационарные и мобильные источники загрязнения). Определено, что выбросы основных загрязнителей во время отопительного сезона превышает летний в 6,5 раз. Проведены геохимические исследования снежного покрова на 60 экспериментальных площадках, заложенных в различных функциональных зонах города. Выявлено значительное превышение тяжелых металлов над фоновым уровнем: железа – до 60, марганца – до 50, меди – до 40, цинка – до 20, никеля – до 12, свинца – до 10, кобальта – до 6 раз. С 2003 по 2018 годы содержание химических элементов в снеге увеличилось в 2 раза за счет мобильных источников загрязнения, ТЭЦ, котельных. Проведена сравнительная характеристика накопления тяжелых металлов в снеге за 2003 и 2018 годы и установлен ранжированный ряд загрязняющих токсичных веществ. Разработана шкала оценки загрязнения депонирующих сред по суммарному показателю концентрации тяжелых металлов, согласно которой в Биробиджане выявлено 5 уровней загрязнения снежного покрова. 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). По полученным результатам разработана карта в программе ArcView GIS «Эколого-геохимическое районирование территории г. Биробиджана по уровню загрязнения снежного покрова» с выделением наиболее загрязненных участков (70% от общей площади города является загрязненной). По результатам проведенных исследований предложены конструктивные методы планирования урбанизированной территории с целью улучшения ее экологического состояния: проведение геомониторинга (контроль загрязнения снежного покрова и своевременный его вывоз на специально оборудованные полигоны).

Ключевые слова: атмосферный воздух, снежный покров, тяжелые металлы, экологическое состояние, Биробиджан.

ECOLOGICAL - GEOCHEMICAL ASSESSMENT OF THE URBAN AREA USING ATMOSPHERIC POLLUTANTS IN SNOW COVER: BIROBIDZHAN AS A CASE STUDY

Kalmanova V.B.,

*The Institute for Complex Analysis of Regional Problems of the Far Eastern Branch of the Russian
Academy of Sciences, Birobidzhan*

Abstract.

Snow cover is taken as an indicator of air quality using Birobidzhan, a middle-size city in the Russian Far East, as a case study. The main natural and man-made determinants influencing the ecological state of the urban area in winter are identified: climate, a planning structure, and the stationary and mobile sources of pollution. During the heating season the emission of major pollutants exceeds the summer level by 6.5 times. The geochemical study of snow cover was performed at 60 experimental sites in different functional urban areas. A significant excess of heavy metals over the regional background level was revealed: iron – up to 60 times, manganese – up to 50, copper – up to

40, zinc – up to 20, nickel – up to 12, lead – up to 10, cobalt – up to 6 times. From 2003 to 2018 the content of chemical elements in snow increased in 2 times due to the mobile sources of pollution, thermal power plants, and boilers. The comparative characteristic of accumulation of heavy metals in snow for 2003 and 2018 is carried out, and the ranked number of polluting toxic substances is established. The scale of pollution assessment in depositing environments was developed using the cumulative indicator of heavy metal concentration. Five levels of snow cover pollution are found in Birobidzhan: low, moderate, above moderate, high and very high. As a whole, the ecological state of the urban area is considered as unsatisfactory (8 % of the area with a very high level of pollution, 14% - with high, 21% - above moderate, 27 % - a moderate level of pollution, 30 % - a relatively clean area). According to the results, a map was developed in the ArcView GIS program “Ecological and geochemical zoning of Birobidzhan, using the level of the snow cover pollution” with the allocation of the most polluted areas (70% of the total area of the city is polluted). According to the results, a constructive method of planning in an urban area is proposed in order to improve its environmental condition: geomonitoring as a control of pollution in snow cover and its prompt removal to specially equipped landfills.

Key words: atmospheric air, snow cover, heavy metals, an ecological state, Birobidzhan.

Введение.

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 [7]. В настоящее время загрязнение атмосферного воздуха является одним из основных последствий негативного антропогенного воздействия на окружающую среду. Среди специфических загрязнителей 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, 7]. Наибольшее поступление загрязнителей в окружающую природную среду отмечается зимой, во время отопительного сезона. В этом случае, важным индикатором качества урботерриторий выступает снежный покров [12, 14]. Степень загрязнения атмосферы зависит от планировки и особенностей использования городской территории, транспортной нагрузки, наличия и размещения экологически опасных промышленных предприятий, а также от климатических условий.

В течение последних десятилетий на первом месте при планировании городских территорий стояли градостроительные и санитарно-гигиенические нормативы. Экологическим вопросам, как правило, уделялось остаточное внимание. При этом планирование, проектирование городских территорий велось по нормативам, определяющим требования не к городу как к территориально целостному образованию, а к отдельным его районам, различным по функциям – промышленным зонам, жилым территориям, инженерно-транспортным коридорам и т.д. В результате такого проектного подхода к городу, как к разрозненным территориям, планировочная структура многих городов не отвечает требованиям сохранения и устойчивого развития урбанизированных систем различного иерархического и функционального статуса [10]. В связи с чем, в городах отсутствует зона разграничения (буферная) между жилыми и промышленными участками. Нередко отдельные элементы инфраструктуры и социально бытовой жизни являются своеобразными вехами динамики развития города, например, положение в городской черте промышленных комплексов, аэропортов, тюрем, кладбищ, хвостохранилищ и т.д. [8]. Так, например, в центре многих городов находятся промышленные комплексы: Биробиджан – ТЭЦ, Хабаровск – ТЭЦ, завод дробильного оборудования, ОАО «Дальхимфарм» и т.д., Комсомольск-на-Амуре – ТЭЦ, хлебозавод, авиационный завод им. Ю.А. Гагарина и т.д. [5].

Дальний Восток (ДВ) один из самых урбанизированных регионов РФ, в связи с природными особенностями территории 70-80% населения сосредоточено в городах, 90% из

которых относятся к категории средних и малых городов. Техногенная загрязненность городов ДВ не позволяет определить подавляющую часть их территории как благоприятную для проживания человека (46% населения юга ДВ проживает в экологически опасных условиях (II категория опасности) [2].

Цель работы – оценка экологического состояния снежного покрова на территории г. Биробиджана для определения качества атмосферного воздуха в зимний период.

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. Согласно данным Хабаровскстата масса выбросов загрязняющих веществ в атмосферу ЕАО от стационарных источников в 2017 году составила 19,1 тыс. тонн, из которых почти 10 тыс. тонн приходится на Биробиджан, что соответствует 118 кг на 1 жителя в год или 150 т на 1 км² площади города. На Биробиджанскую ТЭЦ приходится выброс 3614,067 тонн/год. В зоне воздействия автотранспорта находится значительная часть городской территории – 182,47 км², что составляет 91,2% от общей площади Биробиджана [6]. В транспортной структуре преобладают импортные автомобили с большим сроком эксплуатации, что приводит к значительному поступлению поллютантов в окружающую природную среду. В городе зарегистрировано свыше 20000 автомобилей различных марок, плюс транзитный транспорт. И принимает этот поток, в основном несколько центральных магистралей – улицы Шолом-Алейхема, Пионерская, Калинина, Советская. Кроме того, большую роль в загрязнении атмосферного воздуха города играет частный жилой сектор, где преобладает печное отопление. Поскольку г. Биробиджан практически по всему периметру окружен застройками такого типа, то выбросы из печных труб представляют реальную угрозу для окружающей среды.

Начиная с 2014 года, согласно установленным критериям оценки степени загрязнения атмосферного воздуха, в г. Биробиджане очень высокий индекс загрязнения атмосферы. Значительный рост ИЗА обусловлен высоким содержанием бензапирена. В 2015 году среднегодовая концентрация бензапирена 7,2 ПДК, 2014 – 6,4 ПДК. С ноября по март 2017 года наблюдались случаи высокого загрязнения бензапиреном – до 24,6ПДК (данные Росгидромет ЕАО).

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 [13].

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

Для характеристики современного состояния снежного покрова г. Биробиджана проведены (2003—2007, 2018) геохимические исследования на экспериментальных площадках размером 10*10 м, заложенных в различных функциональных зонах города с некоторыми сгущениями точек вдоль крупных автомагистралей.

Отбор проб проводился перед снеготаянием с целью определения суммарного потока частиц за длительный период времени. Оценивался химический состав снеговой воды по содержанию ТМ, рассчитывались коэффициенты концентраций химических элементов и суммарный показатель загрязнения. Расчет проводился по отношению к фоновому уровню загрязнения снежного покрова, в качестве которого был выбран район, не имеющий

техногенных промышленных источников загрязнения окружающей среды (ул. Индустриальная). В отобранных образцах совместно с ФГУЗ (ЦГиЭ ЕАО), Хабаровским инновационно-аналитическим центром методом атомно-абсорбционной спектроскопии определялись следующие загрязняющие вещества: железо (Fe), медь (Cu), цинк (Zn), свинец (Pb), кобальт (Co), кадмий (Cd), никель (Ni) и марганец (Mn), а также pH среды.

Анализ проводился по разработанной шкале оценки опасности загрязнения деponирующих сред (табл. 1) [4].

Таблица 1

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

Шкала оценки, балл	Величина СПК ТМ в деponирующих средах				Уровень загрязнения	Оценка экологической обстановки
	Растительность		Снег	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 «Эколого-геохимическое районирование территории г. Биробиджана по уровню загрязнения снежного покрова на основе расчета суммарного показателя концентрации (СПК) ТМ» масштаба 1:25000. Данная карта составлена традиционным методом и оцифрована с применением программного обеспечения ArcView GIS.

Результаты исследования и их обсуждение.

При изучении сезонной динамики антропогенных выбросов в атмосферу, показано, что наибольшее поступление поллютантов наблюдается во время отопительного сезона. В этот период выброс основных загрязнителей превышает летний примерно в 6,5 раз. Кроме того, зимой в атмосфере создаются условия для концентрации примесей, обусловленные особенностями муссонного климата средних широт. В соответствии с годовым распределением основных параметров, благоприятствующих и препятствующих очищению атмосферы, Е.А. Григорьевой были проведены расчеты климатического потенциала самоочищения атмосферы (КПСА) для теплого и холодного периодов года [1]. Как для всего года в целом, так и отдельно для периодов КПСА меньше 1 (0,57; 0,43 и 0,70 соответственно), что означает низкую очищающую способность атмосферы и преобладание факторов, препятствующих очищению атмосферного воздуха от поллютантов. В годовом ходе отмечается более низкая способность атмосферы к самоочищению в холодный период, когда выбросы в атмосферу максимальны. Согласно полученным показателям в атмосфере г. Биробиджана преобладают процессы, способствующие накоплению примесей в атмосфере в течение всего года. Самые неблагоприятные условия для рассеивания примесей наблюдаются зимой с декабря по февраль.

Суммарная концентрация контролировавшихся в снежном покрове веществ изменялась за 6-ти летний период на территории города от 0,5 до 35 мг/дм³. 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.

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: Fe > Mn > Cu > Ni > Zn > Pb > Co (2003 год); Fe > Mn > Pb > Zn > Co > Cu > Ni (2018 год). Локальные зоны повышенного загрязнения отдельными веществами образуются в районах расположения стационарных источников и, как правило, занимают сравнительно небольшие площади. По суммарному показателю концентрации ТМ в Биробиджане было выявлено 5 уровней загрязнения снежного покрова (рис. 1).

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

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, определение охранных и санитарно-защитных зон, зон рекреации, зон складирования отходов, включая снег.

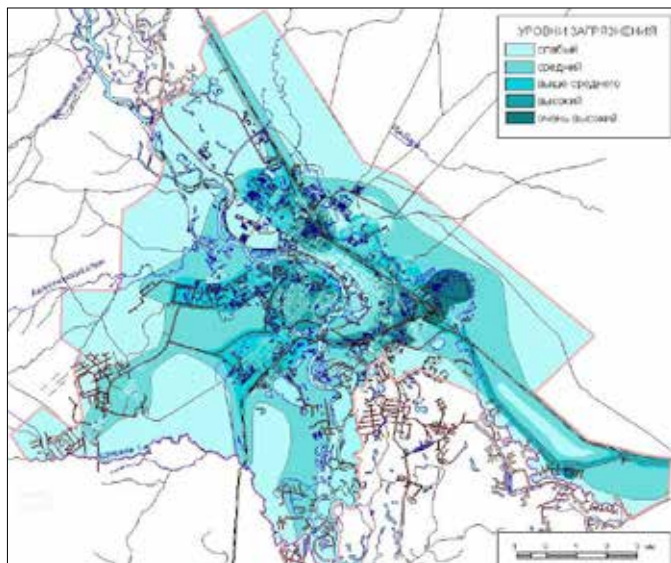


Рис. 1. Эколого-геохимическое районирование территории г. Биробиджана по уровню загрязнения снежного покрова на основе расчета суммарного показателя концентрации ТМ.

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 [3, 9]. 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.

Благодарность. Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-013-00923.

Литература

1. Григорьева Е.А., Деркачева Л.Н., Туноголовец В.П. Методические подходы к оценке пространственно-временной динамики самоочищающей способности атмосферы южной части Дальнего Востока // Проблемы региональной экологии. 2005. № 3. С.33- 38.
2. Заиканов В.Г., Минакова Т.Б. Геоэкологическая оценка территорий. М.: Наука, 2005. 319 с.
3. Калманова В.Б. Основные мероприятия по оптимизации системы мониторинга экологического состояния средних и малых городов (на примере г. Биробиджана) // Региональные проблемы. 2012. Т15. №1. С. 69-73.
4. Калманова В.Б. Экологическое состояние снежного покрова как показатель качества урбанизированной среды (на примере г. Биробиджана) // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 2-2. С.9.
5. Калманова В.Б. Эколого-гигиеническое состояние городов юга Дальнего Востока как следствие освоения региона // Региональные проблемы. 2015. Т. 18. № 2. С. 37-43.
6. Калманова В.Б., Коган Р.М., Зайков Д.В. Влияние промышленно - транспортного комплекса на загрязнение снежного покрова г. Биробиджана // I Международный экологический конгресс «Экология и безопасность жизнедеятельности промышленно-транспортных комплексов». Голытки: Голыткинский гос. ун-т, 2007. Т.1. С. 251-256.
7. Курбатова А.С., Башкин В.Н., Касимов Н.С. Экология города. М.: Научный мир, 2004. 619 с.
8. Мирзеханова З.Г. Особенности экологического планирования городской территории //Города Дальнего Востока: экология и жизнь человека. Матер. Конференции. Владивосток-Хабаровск: ДВО РАН. 2003. С. 98-100.
9. Мирзеханова З.Г. Региональная экологическая политика: содержание и индикаторы реализации отдельных направлений // Вестник ДВО РАН. 2014. № 3 (175). С.77-85.
10. Ринчинова О.Ж. Урбоэкологические особенности планировочной структуры города // Вестник Бурятского государственного университета, 2010, №4, с. 60-66.
11. СанПиН 2.1.6.1032-01. Гигиенические требования к обеспечению качества атмосферного воздуха населенных мест. М.: Министерство здравоохранения Российской Федерации, 2001. № 14. 12 с.
12. Экогеохимия городских ландшафтов (под ред. Н.С. Касимова). М.: МГУ, 1995. 336с.

13. Morris E.M, Tomas A.G. Preferential discharge of pollutants during snow-melt in Scotland // J. Glaciol. 1985. V. 31. № 108. P. 190-193.

14. Munger J.M., Jacob D.J., Waldman J.M., Hoffman M.R. Fogwater chemistry in an urban atmosphere // J. Geophys. Res. 1983. C. 88. № 9. P.5109-5121.

Reference

1. Grigor'eva E.A., Derkacheva L.N., Tunegolovets V.P. Metodicheskie podkhody k otsenke prostranstvenno-vremennoj dinamiki samoochishhayushhej sposobnosti atmosfery yuzhnoj chasti Dal'nego Vostoka [Methodological approaches to the assessment of space-time dynamics of the self-cleaning ability of the atmosphere of the southern part of the Far East]. *Problemy regional'noj ehkologii*. 2005, no. 3. pp.33- 38.

2. Zaikanov V.G., Minakova T.B. Geoehkologicheskaya ocenka territorij [Geoecological assessment of territories]. Moscow, Nauka, 2005, 319 p.

3. Kalmanova V.B. Osnovnye meropriyatiya po optimizatsii sistemy monitoringa ehkologicheskogo sostoyaniya srednikh i malykh gorodov (na primere g. Birobidzhana) [The main measures to optimize the system of monitoring the ecological state of medium and small towns (on the example of Birobidzhan)]. *Regional'nye problem*, 2012, V.15, no. 1. pp. 69-73. (In Russian).

4. Kalmanova V.B. Ehkologicheskoe sostoyanie snezhnogo pokrova kak pokazatel' kachestva urbanizirovannoj sredy (na primere g. Birobidzhana) [Ecological state of snow cover as an indicator of urban environment quality (by the example of Birobidzhan)]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*, 2015, no. 2-2. p.9.

5. Kalmanova V.B. Ehkologo-gigienicheskoe sostoyanie gorodov yuga Dal'nego Vostoka kak posledstvie osvoeniya regiona [Ecological and hygienic condition of the cities of the South of the Far East as a consequence of the development of the region]. *Regional'nye problem*, 2015, V. 18, no. 2. pp. 37-43.

6. Kalmanova V.B., Kogan R.M., Zajkov D.V. [Influence of industrial and transport complex on pollution of snow cover in Birobidzhan]. Trudy I Mezhdunarodnogo ehkologicheskogo kongressa «Ehkologiya i bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti promyshlenno-transportnykh kompleksov» [Proc. I Int. congress «Ecology and life safety of industrial and transport complexes»]. Tol'yatti: Tol'yattinskij gos. un-t, 2007, V.1, pp. 251-256. (In Russian).

7. Kurbatova A.S., Bashkin V.N., Kasimov N.S. Ehkologiya goroda [city ecology]. Moscow, Nauchnyj mir, 2004. 619 p.

8. Mirzekhanova Z.G. [Features of environmental planning of the urban area]. Mater. Konferencii «Goroda Dal'nego Vostoka: ehkologiya i zhizn' cheloveka» [Proc. konf. «Cities of the Far East: ecology and human life»], Vladivostok-Khabarovsk, DVO RAN, 2003, pp. 98-100. (in Russian).

9. Mirzekhanova Z.G. Regional'naya ehkologicheskaya politika: sodержanie i indikatory realizacii otdel'nyh napravlenij [Regional environmental policy: the contents and indicators of the implementation of separate directions]. Vestnik Dal'nevostochnogo otdeleniya Rossijskoj akademii nauk, 2014, no. 3 (175), pp. 77-84 (in Russian).

10. Rinchinova O.ZH. Urboehkologicheskije osobennosti planirovochnoj struktury goroda [Urboekologija features of the planning structure of the city]. Vestnik Buryatskogo gosudarstvennogo universiteta, 2010, no.4, pp. 60-66 (in Russian).

11. SanPiN 2.1.6.1032-01. *Gigienicheskie trebovaniya k obespecheniyu kachestva atmosfernogo vozdukhha naseleennykh mest* [StateStandart 2.1.6.1032-01. Hygienic requirements for air quality in populated areas]. Moscow, Ministerstvo zdravookhraneniya Rossijskoj Federatsii, 2001. no. 14. 12 p.

12. Kasimov N.S. Ehkogeokhimiya gorodskikh landshaftov [Ecogeochemistry of urban landscapes]. Moscow, MGU, 1995. 336 p.

13. Morris E.M, Tomas A.G. Preferential discharge of pollutants during snow-melt in Scotland // J. Glaciol. 1985. V. 31. № 108. P. 190-193.

14. Munger J.M., Jacob D.J., Waldman J.M., Hoffman M.R. Fogwater chemistry in an urban atmosphere // J. Geophys. Res. 1983. C. 88. № 9. P.5109-5121.