

АНАЛИЗ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СВИНЦА В СИСТЕМЕ ПОЧВА-РАСТИТЕЛЬНОСТЬ Г. БИРОБИДЖАН

Калманова В.Б.

ФГБУН «Институт комплексного анализа региональных проблем Дальневосточного отделения
Российской академии наук», Биробиджан, e-mail: Kalmanova@yandex.ru

На примере среднего города Дальнего Востока – Биробиджана проведен анализ накопления и распределения свинца в почвах и растительности, дана оценка экологическому состоянию природных компонентов по содержанию в них токсичного микроэлемента. На основе результатов геомониторинга и геохимического анализа выявлено, что накопление свинца в депонирующих средах зависит от влияния источников загрязнения, степени антропогенной преобразованности почв, типа почв и их кислотности, видового состава дендрофлоры и их физиологических особенностей. С 2003 по 2009 годы содержание свинца в почве и растительности увеличилось на 20 %. При расчете средней концентрации свинца в природных компонентах определена прямая зависимость их влияния друг на друга равная $R=0,5$. В зонах интенсивного строительства, промышленных комплексов установлены факты превышения свинца относительно фоновых уровней в 20 раз. В итоге проведенных исследований составлена карта экологической ситуации г. Биробиджана с выделением наиболее загрязненных свинцом участков.

Ключевые слова: урбанизированная территория, свинец, антропогенно-преобразованные почвы, дендрофлора, депонирующая среда, Биробиджан.

THE ANALYSIS OF LEAD DISTRIBUTION IN THE SOIL-VEGETATION SYSTEM OF BIROBIDZHAN CITY

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, e-mail: Kalmanova@yandex.ru

The content of toxic trace element in natural environment is estimated. The accumulation and distribution of lead (Pb) in soil and vegetation are analysed for Birobidzhan, middle – size city at the Russian Far East. As a result of geomonitoring and geochemical evaluation, it is shown that accumulation of Pb in depositing natural ingredients depends on sources of pollution, level of soil anthropogenic transformed, soil type and acidity, dendroflora species and their physiological characteristics. Pb content in soil and vegetation has increased by 20 % for period 2003-2009; Pb mean concentration in natural ingredients is influenced directly by their mutual relationship with coefficient of correlation $R=0.5$. The Pb content in areas with developed industry is 20 times higher than background pollution. The map of environmental ecological situation with emphasis on Pb accumulation is constructed for Birobidzhan.

Keywords: the urbanized territory, lead, anthropogenic transformed soils, dendroflora, the depositing environment, Birobidzhan.

Экологические проблемы городов связаны с чрезмерной концентрацией на сравнительно небольших территориях населения, транспорта и промышленных предприятий, с формированием антропогенных ландшафтов, очень далеких от состояния экологического равновесия. В пределах урбанизированных территорий коренному преобразованию подвергаются все природные компоненты, в том числе почвы и растительный покров, которые относятся к депонирующим средам и выступают универсальными индикаторами качества городов [2, 8, 15]. 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, ртуть, кадмий, цинк,

висмут, кобальт, никель и т.д. [8, 14]. В связи с ростом промышленного производства, увеличением интенсивности транспортных потоков возросла актуальность проблемы загрязнения природных компонентов урбанизированных территорий свинцом. По степени воздействия на живые организмы свинец относится к классу высокоопасных химических элементов [1, 2, 3, 9, 11-14]. 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 природных компонентов свинцом.

Поэтому анализ распределения свинца в системе почва-растительность для определения экологического состояния рассматриваемых природных компонентов с последу-

ющим районированием территории города по уровню загрязнения является целью данного исследования.

Материалы 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) и автотранспорт являются ключевыми источниками поступления свинца в городскую среду. Промышленная зона города размещена без учета розы ветров, и большую часть года шлейф промышленных газов и аэрозолей проходит через жилые кварталы. Уровень автомобилизации в городе в 2009 г. составил 272 автомобиля на 1000 жителей. В транспортной структуре преобладают импортные автомобили с большим сроком эксплуатации, что приводит к значительному поступлению поллютантов в окружающую природную среду. В зоне воздействия автотранспорта находится значительная часть городской территории – 182,47 км², что составляет 91,2 % от общей площади Биробиджана [6].

К источникам токсичного металла относятся и так называемые «несанкционированные свалки», содержащие отработанные аккумуляторы, потерявшие потребительские свойства провода и кабели, лакокрасочные покрытия (особенно выпущенные в прошлые десятилетия), изделия из хрусталя, свинцовых стекол, глазированную керамику, паяные изделия, в том числе и консервные жестяные банки т.д.

Основными объектами изучения являются городские почвы и древесная растительность, которые обладают не только повышенной аккумулирующей способностью по отношению к загрязнителям, тем самым, оказывая неблагоприятное воздействие на живые организмы, но и могут свидетельствовать о состоянии урбанизированной территории в целом.

При систематизации почв г. Биробиджана использованы классификации почв по степени их антропогенной преобразованности, опубликованные в работах М.Н. Строгановой с соавторами [12]. В Биробиджане 40 % территории занято хемогенно-преобразованными почвами, к ним относятся интруземы (районы автозаправочных станций, вдоль автомагистралей, газоны), индустриземы (промышленные зоны), а также искусственно-созданные поверхностно-гумусированные почвоподобные образования (так называемые техноземы) [4, 5]. Занимают эти почвы в основном промышленные, транспортно-селитебные районы (т/с). Видовой состав деревьев и кустарников однотипный и представлен: елью сибирской, сосной обыкновенной, тополем душистым, осинкой обыкновенной, березами плосколистной и желтой, бархатом амурским, ивой Шверина и росистой, кленом мелколистным, ясенем маньчжурским, шиповником даурским, сиренью амурской, ильмом японским и низким.

Исследования проводились в течение семи лет (2003-2009 гг.) на 60 пробных площадках размером 10*10 м. [5] (рис. 1). Образцы изучаемых почв и органов растений для определения в них свинца отбирались в конце лета (с целью определения микроэлемента за длительный период времени). Химический анализ проводился совместно с ФГУЗ «ЦГиЭ ЕАО» методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии.

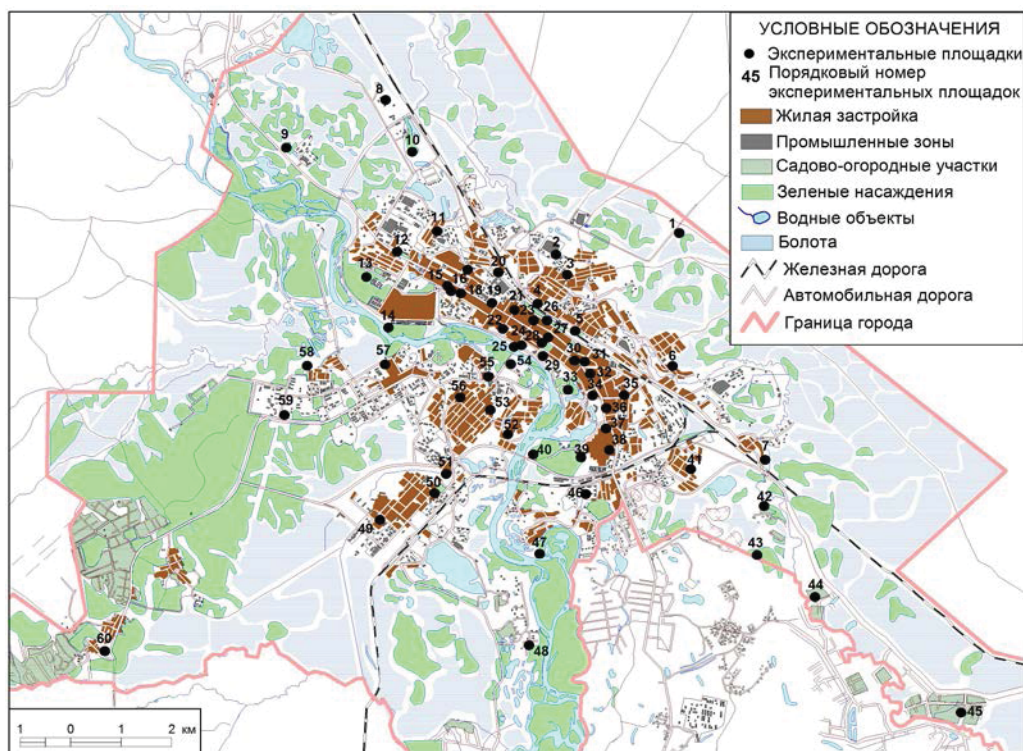


Рис. 1. Карта-схема расположения экспериментальных площадок в г. Биробиджане

Показателями загрязнения природных компонентов свинцом являются ПДК и фоновый уровень. В качестве эталонов сравнения использовались фоновые аналоги почв, растений и снега, собранные на крайнем северо-западе города (Индустриальный район) с учетом розы ветров, планировочной структуры и геохимических особенностей территории.

Результаты исследования и их обсуждение

Выявлено, что накопление свинца в депонирующих средах зависит от множества факторов: типа почв и их приуроченности к определенным функциональным зонам, реакции среды, видового состава деревьев и их физиологических особенностей [2, 8].

Концентрация свинца в почве и растительности с 2003 г. по 2009 г. выросла на 20%, несмотря на то что выбросы данного элемента от промышленных источников снизились на 30%. Это можно объяснить тем, что учтены не все промышленные (особенно мелкие частные предприятия), а также мобильные источники загрязнения. Так, в 2003 году в почве в среднем по городу отмечалось содержание свинца – 47,1 мг/кг; в 2009 – 65,2 мг/кг; в растительности в 2003 – 5,6 мг/кг, в 2009 – 8,3 мг/кг (рис. 2 а,б).

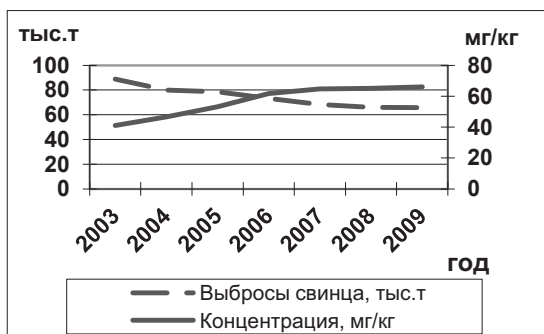


Рис. 2а. Концентрация свинца в почве на территории г. Биробиджан



Рис. 2б. Концентрация свинца в листовой пластине растительности на территории г. Биробиджан

Превышение ПДК свинца отмечено в преобразованных почвах, особенно в тех, в которых произошли хемотропные нарушения (изменения) свойств и строения профиля вследствие интенсивного химического загрязнения. В рассмотренных ранее категориях почв наблюдается превышение ПДК свинца от 1,5 до 15 раз, а относительно фоновый уровень от 2 до 20 раз.

В зависимости от степени преобразованности почв показатели кислотности значительно меняются: от 4 до 8,6 единиц pH (табл. 1). Выявлено, что накопление свинца в почвенных горизонтах зависит от показателя кислотности. В верхнем почвенном горизонте свинец накапливается более интенсивно, особенно в нейтральной и щелочной среде (район городской свалки, новостроек, частных секторов и др.). Так, концентрация свинца в поверхностном горизонте (до 5 см) составляет от 10 до 80 мг/кг, на глубине от 5 до 15 см – от 5 до 47 мг/кг. Почва прочно связывает свинец, что предохраняет от загрязнения грунтовые воды и растительность, но в этом случае сама почва постепенно становится все более загрязненной, что может способствовать разрушению ее органического вещества.

Увеличение свинца в почве способствует его накоплению в органах растений. Концентрация элемента в дендрофлоре зависит от физиологических особенностей растений и типа почв (табл. 2).

Так, способность к аккумуляции свинца выше у ивы, особенно коры, у тополя душистого происходит в основном накопление в листовой пластине, аналогично у берез плосколистной, желтой. У растений, произрастающих на естественных непереработанных почвах, содержание свинца достигает самой высокой отметки до 4 мг/кг. Более высокие концентрации свинца (до 25 мг/кг) характерны для растительности на техногенно-загрязненных территориях.

Кроме того, при расчете средней концентрации свинца в аккумулирующих средах определена зависимость их влияния друг на друга:

$$\frac{Pb}{3,8}(\text{снег}) > \frac{Pb}{2,3}(\text{почва}) > \frac{Pb}{1,2}(\text{растительность})$$

Корреляция между накоплениями свинца в почве и растительности есть, но слабая (рис. 3). Полного совпадения контуров аномалий в рассматриваемых природных компонентах не наблюдается, так как содержание свинца в почвах обычно отражает многолетнее загрязнение, а в растениях (особенно в листе) – современную ситуацию данного вегетационного периода и тенденцию поступления свинца в биоту.

Таблица 1

Зависимость накопления свинца в почве от реакции среды, типов почв и функционального зонирования территории города

Кислотность почв	pH	Типы почв	Функциональные зоны города	Накопление Pb, мг/кг
сильнощелочные	> 8,5	индустриземы	промышленная	80
щелочные	7,5 – 8,5	урбаноземы, культуроземы, техноземы, интруземы	промышленная, с/х, т/с	65
слабощелочные	7,0 – 7,5	урбаноземы, техноземы, слабодерновые на насыпном аллювии	промышленная, т/с, рекреационная	43,9
нейтральные	6,5 – 7,0	урбаноземы, бурая лесная, дерново-аллювиальная, дерново-подзолистые	рекреационная, т/с	60
слабокислые	5,5 – 6,5	бурая лесная, глееватая на аллювиальных отложениях; дерново-аллювиальная	фон	40,6
кислые	4 – 5,5	дерново-аллювиальные (вторично слабодерновая)	рекреационная	25,8

Таблица 2

Содержание свинца в коре и листьях дендрофлоры г. Биробиджана

Функциональные зоны города	Типы почв	Вид древостоя	Части растений	Свинец, мг/кг
промышленная	индустриземы, урбаноземы, техноземы	тополь душистый	листва	2,3
			кора	2,8
		ива Шверина	листва	4,9
			кора	25,1
транспортно-селитебная	урбаноземы, техноземы, интруземы	тополь душистый	листва	3,2
			кора	2,5
		ива Шверина	листва	0,6
			кора	7,3
сельскохозяйственная	урбаноземы, культуроземы	тополь душистый	листва	1,8
			кора	2,1
		ива Шверина	листва	1,7
			кора	4,9
рекреационная	слабодерновые на насыпном аллювии, бурая лесная, дерново-аллювиальная	тополь душистый	листва	1,1
			кора	1,4
		ива Шверина	листва	1,8
			кора	2,3
фон	бурая лесная, глееватая на аллювиальных отложениях; дерново-аллювиальная	тополь душистый	листва	5,8
			кора	2,4
		Ива Шверина	листва	4,7
			кора	8,5

Таким образом, особенности накопления свинца в почвенном покрове и урбодендрофлоре определили общую экологическую ситуацию в городе по загрязнению этим токсичным микроэлементом (рис. 4).

Для определения экологического состояния городской среды использовалась классификация А.Н. Кочурова (1997) [7]. В целом экологическая ситуация в Биробиджане

по загрязнению свинцом природных компонентов удовлетворительная (умеренно-опасная). Однако особо напряженные ситуации сложились в зонах главных автомагистралей, промышленных центров и железной дороги. Слабо загрязнены свинцом рекреационные зоны, северо-западная территория (фоновая), а также некоторые участки селитебных районов.

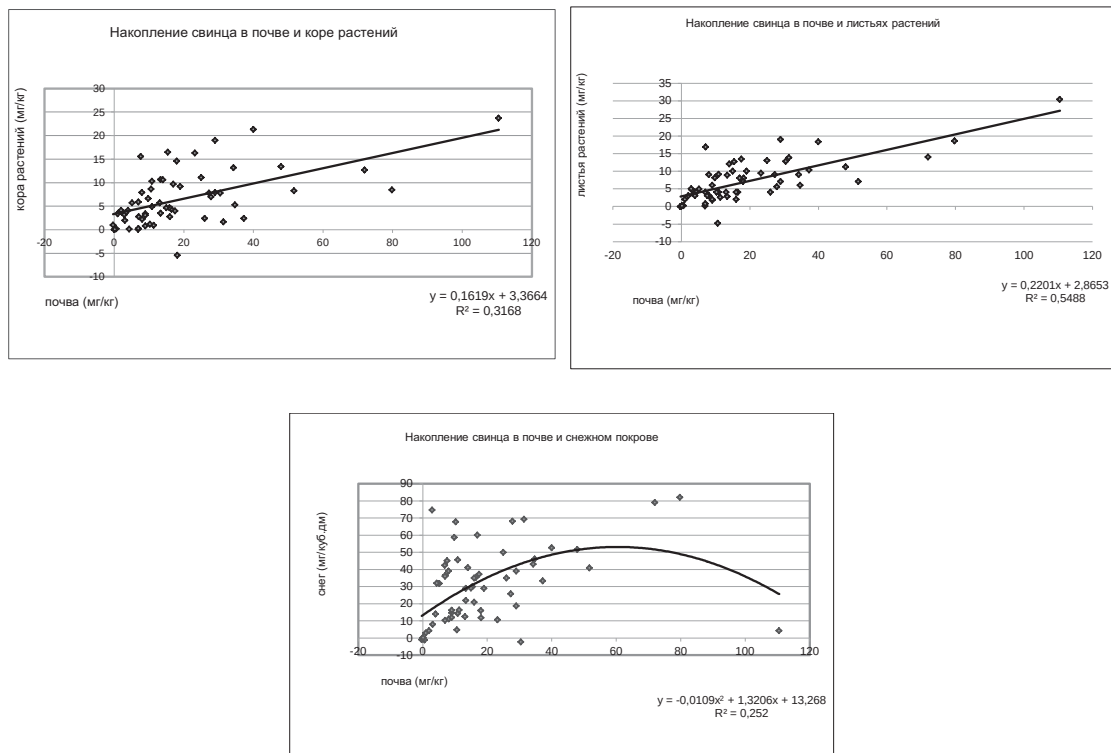


Рис. 3. Корреляция накопления свинца между компонентами депонирующей среды

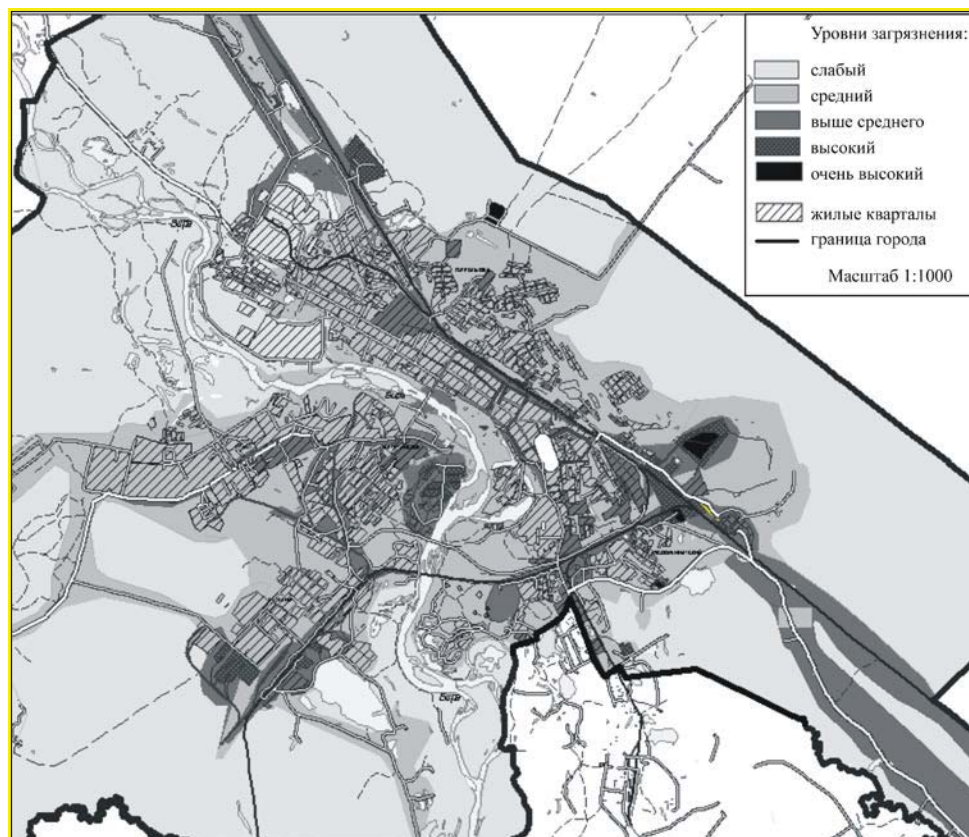


Рис. 4. Экологическое состояние г. Биробиджан по накоплению свинца в природных компонентах

Заключение

Анализ распределения свинца в системе почва-растительность на территории г. Биробиджан показал, что в техногенно-преобразованных почвах города содержание свинца в поверхностных горизонтах (0-5 см) закономерно превышает таковое в нижележащих горизонтах (5-15 см). В почвах природного фона напротив содержание свинца увеличивается с глубиной. В результате биогеохимических исследований установлено, что содержание тяжелых металлов сильно изменяется в зависимости от вида растений и его приуроченности к определенным функциональным зонам. Так, способность аккумуляции тяжелых металлов выше у ивы (любого вида), особенно коры. У тополя душистого накопление загрязнителей происходит в основном в листовой пластине, аналогично у берез плосколистной, желтой. В целях устойчивого развития урбанизированных территорий и в целом региона необходимо формирование региональной экологической политики как неотъемлемого звена общей концептуальной парадигмы России. Основная задача экологической политики направлена на оптимальную организацию территории, понимаемую как благоприятное сочетание природных и природно-антропогенных комплексов, «которое обеспечивало бы динамическое равновесие с учетом долгосрочных перспектив развития хозяйства и сохранения условий жизни людей». Достичь такого равновесия можно в процессе экологического планирования территории [10]. 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. Важно ежегодно проводить контроль за загрязнением почвы, растительности, особенно на территориях, прилегающих к промышленным комбинатам, автомагистралям. Кроме того, следить за загрязнением снежного покрова (определить места складирования), так как с его таянием поллютанты поступают на поверхность ландшафта.

Список литературы

- Алексеев Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях. – Л.: Агропромиздат, 1987. – 142 с.
- Горышина Т.К. Растения в городе. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1991. – 149 с.
- Ильин В.Б. Тяжелые металлы в системе почва-растение. – Новосибирск: Наука, 1991. – 151 с.
- Калманова В.Б. Особенности накопления тяжелых металлов в урбаноземах г. Биробиджана // Современные проблемы загрязнения почв: сб. науч. тр. III Междунар. конф. (Москва, 24-28 мая 2010 г.). – М., 2010. – С. 96-99.
- Калманова В.Б., Коган Р.М. Экологическое состояние почвенного покрова г. Биробиджана // Экология урбанизированных территорий. – 2008. – № 4. – С. 46-52.
- Калманова В.Б., Коган Р.М., Зайков Д.В. Влияние промышленно – транспортного комплекса на загрязнение снежного покрова г. Биробиджана // Экология и безопасность жизнедеятельности промышленно-транспортных комплексов: сб. науч. тр. I Междунар. эколог. конгресса (Тольятти, 20-23 сентября 2007 г.). – Тольятти, 2007. – Т.1. – С. 251-256.
- Кочуров Б.И. Геоэкология: экодиагностика и эколого-хозяйственный баланс территории. – Смоленск: СГУ, 1997. – 280 с.
- Курбатова А.С., Башкин В.Н., Касимов Н.С. Экология города. – М.: Научный мир, 2004. – 619 с.
- Луканин В.Н. Автотранспортные потоки и окружающая среда. – М.: ИНФАРМ, 1998. – 408 с.
- Мирзаханова З.Г. Особенности региональной экологической политики и стратегии перспективного развития Хабаровского края // Тихоокеанская геология. – 2010. – Т.29, №2. – С. 119-125.
- Никифорова Е.М. Свинец в ландшафтах придорожных экосистем // Техногенные потоки вещества в ландшафтах и состояние экосистем. – М.: Наука, 1981. – С. 78-82.
- Строганова М.Н., Агаркова М.Г. Городские почвы: опыт изучения и систематики (на примере почв юго-западной части Москвы) // Почвоведение. – 1992. № 7. – С. 16-24.
- Фомин Г.С., Фомина А.Г. Почва. Контроль качества и экологической безопасности по международным стандартам. – М.: Изд-во «Протектор», 2001. – 304 с.
- Хомич В.С., Какарека С.В., Кухарчук Т.И., Кравчук Л.В. Пространственный анализ загрязнения природной среды городов // География и природные ресурсы. – 2004. – №3. – С. 42 – 48
- Udyanskaya E.A. Active biomonitoring of the urban areas // Annals of the Norwegian University of Science and Technology. – Norway, 2001. – P. 52-57.

References

- Alekseev Ju.V. Tjzhelye metally v pochvah i rastenijah [Heav metals in soils and plants]. Leningrad, Agropromizdat, 1987. 142 p.
- Goryshina T.K. Rasteniya v gorode [Since Plants in city]. Leningrad, LGU, 1991. 149 p.
- Il'in V.B. Tjzhelye metally v sisteme pochva-rastenie [Heav metals in system soils-plant]. Novosibirsk, Nauka, 1991. 151 p.
- Kalmanova V.B. Osobennosti nakopleniya tjzhelyh metall-ov v urbanozemah g. Birobidzhana: Sovremennye problemy zagrazneniya pochv [Feature of accumulation of heavy metals in urbanozem of Birobidzhan: Modern problems of pollution soils]. Sb.nauch.tr. Moscow, 2010. pp.96-99.
- Kalmanova V.B., Kogan R.M. Jekologicheskoe sostojanie pochvennogo pokrova g. Birobidzhana [Ecological condition of the soil cover cities of Birobidzhan]: Jekologija urbanizirovannyh territorij. 2008, no. 4, pp. 46-52.
- Kalmanova V.B., Kogan R.M., Zajkov D.V. Vlijanie promyshlenno – transportnogo kompleksa na zagraznenie snezhnogo pokrova g. Birobidzhana: Jekologija i bezopasnost' zhiznedejatel'nosti promyshlenno-transportnyh kompleksov. [Influence industrially – a transport complex on pollution of a snow cover of Birobidzhan: Ecology and safety of ability to live of industrially-transport complexes]. Sb.nauch.tr. Tol'jatti, 2007, Vol.1, pp. 251-256.
- Kochurov B.I. Geojekologija: jekodiagnostika i jekologo-hozjajstvennyj balans territorii [Geoecology: ekodiagnostika and ecologo-economic balance of territory]. Smolensk, SGU, 1997. 280 p.

8. Kurbatova A.S., Bashkin V.N., Kasimov N.S. *Jekologija goroda* [Ecolog of city]. Moscow, Nauchnyj mir, 2004. 619 p.
9. Lukanin V.N. *Avtotransportnye potoki i okruzhajushhaja sreda* [Motor transportation streams and an environment]. Moscow, INFARM, 1998. 408 p.
10. Mirzehanova Z.G. *Osobennosti regional'noj jekologicheskoy politiki i strategii perspektivnogo razvitija Habarovskogo kraja* [The specific character ecological policy in the prospective development strategy of the Khabarovsk territory]: *Tihookeanskaja geologija*, 2010, Vol.29, no. 2, pp. 119-125.
11. Nikiforova E.M. *Svinec v landshaftah pridorozhnyh jekosistem: Tehnogenne potoki veshhestva v landshaftah i sostojanie jekosistem* [Lead in landscapes roadside ekosistem: Technogenic streams of substance in landscapes and a condition ekosistem]. Moscow, Nauka, 1981, pp. 78-82.
12. Stroganova M.N., Agarkov M.G. *Gorodskie pochvy: opyt izuchenija i sistematiki (na primere pochv jugo-zapadnoj chasti Moskvy)* [City of soils: experience of studying and systematization (on an example soils a southwest part of Moscow): *Soil science*]: *Pochvovedenie*, 1992, no. 7, pp. 16-24.
13. Fomin G.S., Fomina A.G. *Pochva. Kontrol' kachestva i jekologicheskoy bezopasnosti po mezhdunarodnym standartam* [Soil. Quality assurance and ecological safety under the international standards]. Moscow, Protektor, 2001. 304 p.
14. Khomich V.S., Kakareka S.V., Kukharchuk T.I., Kravchuk L.V. *Prostranstvennyj analiz zagraznenija prirodnoj sredy gorodov* [Spatial the analysis of pollution of an environment of cities: Geography and natural resources]: *Geografija i prirodnye resursy*, 2004, no.3, pp. 42 – 48
15. Udyanskaya E.A. *Active biomonitoring of the urban areas: Annals of the Norwegian University of Science and Technology*. Norway, 2001, pp. 52-57.

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.

Работа поступила в редакцию 29.07.2014.