
ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ КОМПОНЕНТОВ ДЕПОНИРУЮЩЕЙ СРЕДЫ КАК ПОКАЗАТЕЛЬ КАЧЕСТВА УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ (на примере г. Биробиджана)

В.Б. Калманова, Р.М. Коган

Лаборатория региональной геоэкологии
Институт комплексного анализа региональных проблем ДВО РАН
ул. Шолом-Алейхема, 4, Биробиджан, Россия, 679016

Для комплексной оценки урбанизированных территорий использованы средневзвешенные показатели экологического состояния (ПЭКС), разработанные на основе анализа концентрации загрязнителей в природных компонентах и морфологических признаков состояния городской растительности.

Ключевые слова: урбанизированная территория, депонирующая среда, антропогенное преобразование, дендрофлора, почва, Биробиджан, тяжелые металлы.

Урбанизация — одна из основных социально-экологических проблем современности. В процессе становления города его природная экосистема постепенно изменяется, и на ее месте формируется новая — антропогенная со специфическими чертами техногенного влияния. В условиях урбанизированной среды трансформируются все природные компоненты, что способствует возникновению искусственных, или городских. Существенное влияние испытывают почва, снег, растительность (составляющие депонирующей среды), которые обладают не только повышенной аккумулярующей способностью по отношению к загрязнителям, тем самым оказывая неблагоприятное воздействие на живые организмы, но и могут свидетельствовать о состоянии урбанизированной территории в целом. Несомненно, связь этих природных компонентов с техногенными объектами (источниками антропогенного воздействия) составляет основу «цепных реакций», преобразующих окружающую среду в самом городе и в его окрестностях. Основой анализа городской среды является триада «воздействие — изменения — последствия» на всех стадиях взаимодействия природы и общества [1; 2]. Негативное влияние на городскую среду достигло уровня, при котором происходят существенные преобразования природных компонентов и изменения их химического состава: появление геохимических аномалий, возникновение антропогенных типов почв, у которых нарушена кислотность и промывной режим, что в свою очередь ведет к накоплению загрязняющих веществ в верхних горизонтах. Растительный покров практически полностью представлен не естественными, а искусственными насаждениями, продолжительность жизни которых снижается, нарушаются эстетические и средоулучшающие свойства. Многие города по интенсивности загрязнения и площади распространения токсичных веществ в различных природных средах уже сейчас представляют собой техногенные геохимические аномалии [3. С. 13—21].

В крупных городах в наибольшей степени проявляются результаты антропогенного воздействия на природные процессы, поэтому анализу их экологической ситуации посвящены многочисленные исследования. Опыт изучения геохимических особенностей городских территорий накоплен в Москве, Санкт-Петербурге, Новосибирске, Красноярске [1; 2]. Работ, посвященных экологии средних городов (СГ) и малых городов (МГ), мало, в них в основном исследуются социально-экономические проблемы, так как считается, что экологические проблемы не столь существенны для данных субъектов, поскольку в них относительно чистая природная среда [4]. Тем не менее, экологические проблемы СГ и МГ, в том числе и г. Биробиджана, сложны и многоплановы (низкий уровень благоустройства, отсутствие современных полигонов и предприятий по захоронению и переработке отходов, старый автопарк, большая роль ЖКХ в выбросах отходов в окружающую среду и др.). В то же время небольшие по площади города отличаются от крупных своей природной составляющей. Поэтому изучение качества урбанизированных территорий, а именно экологического состояния аккумулирующих сред СГ и МГ, было и остается актуальной проблемой.

Целью исследования является определение экологического состояния компонентов депонирующей среды для интегральной оценки качества урбанизированной территории.

Выбор Биробиджана в качестве объекта исследования обусловлен тем, что он является административным и промышленным центром Еврейской автономной области и относится к категории СГ Дальнего Востока, где экологическая обстановка осложняется накоплением отрицательных последствий непродуманной стратегии развития. По территории города предприятия-загрязнители размещены концентрированно на небольших площадях, внутри или рядом с селитебными зонами. Окружающая природная среда г. Биробиджана загрязняется выбросами химических веществ от теплоэнергетического комплекса, автотранспорта, асфальтобетонного завода, чулочно-трикотажной фабрики и других предприятий, в том числе строительных компаний. Общий объем выбросов вредных веществ в атмосферу, например в 2006 г., составил 9 тыс. т, что соответствует 118 кг на 1 жителя в год или 150 т на 1 км² площади города [5]. Несмотря на то, что в Биробиджане находятся около 100 стационарных источников загрязнения, город можно назвать природно-антропогенной экосистемой. Природные составляющие городских ландшафтов представлены мелколиственными лесами на равнинных территориях, мелкосопочниками со смешанными широколиственными лесами на бурых лесных почвах, колками и редколесьями с частично заболоченными лугами, низинными болотами, открытыми водоемами и водотоками, парками, лесопарками и другими зелеными насаждениями; они составляют 20—25% городской территории. Остальная часть представлена урболандшафтами: селитебной застройкой, промышленными зонами, скверами, агрохозяйственными и транспортно-коммуникационными комплексами, искусственными водоемами и др. Исследуемая территория относится к Буреинской ландшафтно-геохимической провинции, для которой характерна кислая реакция почвенного покрова и высокое содержание в нем железа.

Расположение основных районов Биробиджана на плоской части Средне-Амурской низменности (юго-восток города) способствует накоплению поллютантов по сравнению с более возвышенной северо-западной. Кроме того, геоэкологическая ситуация Дальневосточного региона специфична по климатическим особенностям переноса загрязнителей в воздушной среде в условиях муссонного климата средних широт (устойчивость муссонов составляет 40—60%). Летом преобладают ветры юго-западных направлений, зимой — северо-западных, средняя скорость ветра обычно менее 3 м/сек. Большая часть атмосферных осадков выпадает в теплое время года. Атмосфера в г. Биробиджане обладает низкой способностью к самоочищению, особенно в холодный период (по значениям комплексного показателя самоочищения атмосферы), что может вызвать аккумуляцию загрязнителей в депонирующей среде [6; 7].

В процессе антропогенного преобразования природных компонентов городской среды важную роль играет загрязнение технологическими отходами. Одну из приоритетных групп загрязняющих веществ составляют тяжелые металлы (ТМ), основная масса которых поступает с выбросами промышленных предприятий в нижние слои тропосферы, вовлекается в аэральную миграцию и осаждается на поверхность почв, затем, преобразуясь в них, попадают в организм человека через растительную и животную пищу [8; 9; 10].

Для определения влияния техногенных источников загрязнения на компоненты депонирующей среды в течение четырех лет (с 2003 по 2006 гг.) проводились геохимические исследования на 60 пробных площадках размером 10 на 10 м (рис. 1). Химический анализ выполнялся совместно с сотрудниками ФГУЗ «ЦГиЭ» ЕАО методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии. В ходе работы определялось содержание наиболее характерных для города химических веществ: железа, марганца, никеля, кобальта, меди, свинца, цинка, кадмия [11].

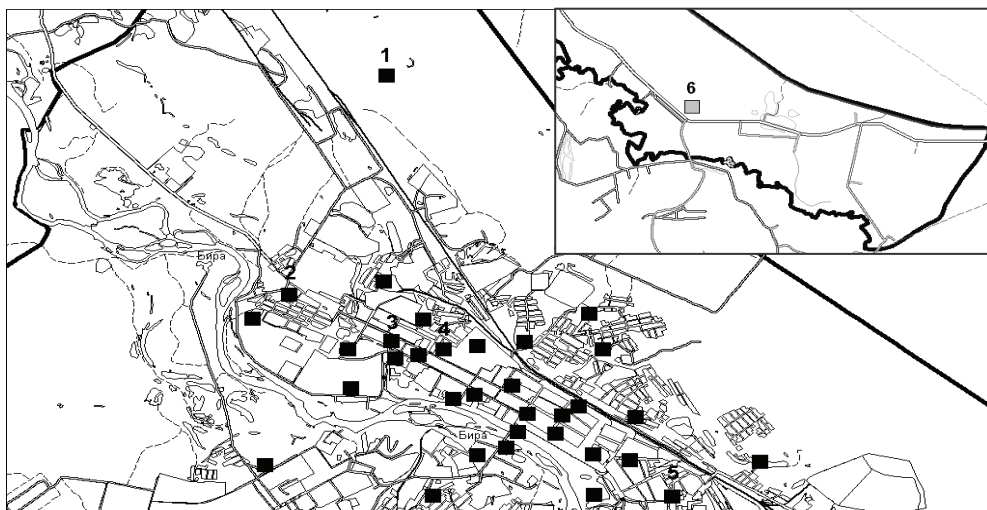


Рис. 1. Расположение пробных площадок по территории г. Биробиджана:

- 1 — Индустриальный район (фон); 2 — район завода ДСМ;
- 3 — район Безымянки; 4 — район ТЭЦ; 5 — район ул. Волочаевская
- и 6 — район городской свалки (юго-восток города)

Для различных компонентов установлен определенный временной интервал отбора проб с учетом особенностей накопления загрязнителей: образцов почв — август—сентябрь, снега — в конце зимы перед снеготаянием, растений — август.

В качестве критериев химического загрязнения использованы ПДК, суммарный показатель концентрации (СПК) и эталонная территория (крайний северо-запад города — Индустриальный район) [12].

В почвах отмечено превышение ПДК по цинку (Zn) до 12 раз, меди (Cu) — до 9 раз, никелю (Ni) — до 4,5 раз, кобальту (Co) — до 2 раз, кадмию (Cd) — до 7,5 раз, а также свинцу (Pb) до 20 раз.

На рис. 2 показано накопление ТМ по функциональным зонам в сравнении с фоновым показателем и выявлено превышение цинка, свинца.



Рис. 2. Распределение микроэлементов в почвенном покрове функциональных зон г. Биробиджана

В растительности наиболее высокое содержание по сравнению с фоном наблюдается у железа, цинка, свинца, меди. Концентрация марганца, напротив, характеризуется очень низкими значениями, что соответствует уровню в 2—17 раз ниже фонового.

В снежном покрове отмечено превышение над фоновым уровнем Cu до 84 раз, Zn до 76 раз, Pb до 15 раз, Fe до 26 раз, Ni до 123 раз, Co до 7 раз, Mn до 10 раз.

Произведены расчеты средней концентрации ТМ в компонентах депонирующей среды:

$$\text{в снеговых водах (мг/дм}^3\text{)} \quad \frac{\text{Mn}}{11,8} > \frac{\text{Fe,Co}}{8,7} > \frac{\text{Pb}}{3,8} > \frac{\text{Ni}}{1,85} > \frac{\text{Cu}}{0,9} > \frac{\text{Zn}}{0,8};$$

$$\text{в почвенном покрове (мг/кг)} \quad \frac{\text{Zn}}{2,7} > \frac{\text{Pb}}{2,3} > \frac{\text{Cu}}{1,6} > \frac{\text{Ni}}{1,3} > \frac{\text{Co}}{1,2} > \frac{\text{Cd}}{0,08};$$

в некоторых видах растений (мг/кг сухой массы):

$$\text{в листьях тополя душистого} \quad \frac{\text{Zn}}{4,5} > \frac{\text{Cu}}{4,1} > \frac{\text{Fe}}{2,8} > \frac{\text{Ni}}{2,3} > \frac{\text{Pb}}{2} > \frac{\text{Co}}{1},$$

$$\text{в листьях ивы Шверина} \quad \frac{\text{Zn}}{2,3} > \frac{\text{Co}}{2,1} > \frac{\text{Cu}}{1,5} > \frac{\text{Ni}}{0,6} > \frac{\text{Fe}}{0,3} > \frac{\text{Pb}}{0,2}.$$

Таким образом, основными техногенными поллютантами депонирующей среды являются цинк, свинец, медь, никель, в то же время характерные для данной геохимической провинции природные загрязнители проявляют различную аномалию в почвенном покрове и растительности: марганец — отрицательную (2—7 раз ниже фонового), железо — положительную (2,7 раз выше фонового).

Оценка загрязнения природных компонентов проведена по величине суммарного показателя концентрации (СПК) ТМ по видоизмененной шкале Ю.Е. Саета, адаптированной для средних и малых городов ДВ региона [13]. Выделены относительно чистые участки с СПК ТМ менее 1; со слабым, средним и высоким уровнем загрязнения; экологические напряженные (СПК ТМ более 80).

Кроме того, исследована зависимость накопления ТМ между компонентами депонирующей среды (рис. 3). Наблюдается небольшая корреляция между концентрациями, хотя полного совпадения контуров аномалий в почвах, в растениях и снеге не наблюдается в силу специфики накопления ТМ в этих природных объектах, так как содержание поллютантов в почвах обычно отражает многолетнее загрязнение, а в растениях — современную ситуацию данного вегетационного периода и тенденцию поступления ТМ в биоту, в снеге — качество городской среды за зимний период.

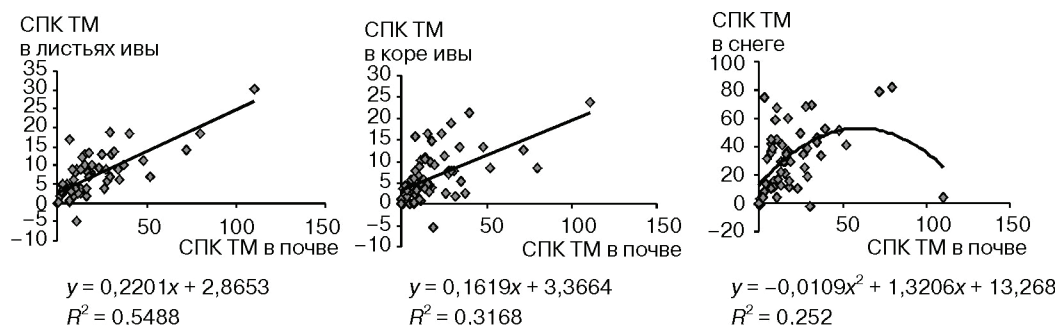


Рис. 3. Зависимость между СПК ТМ в различных компонентах депонирующей среды

По значениям СПК загрязнителей в компонентах депонирующей среды установлена закономерность их накопления по функциональным зонам города (рис. 4).

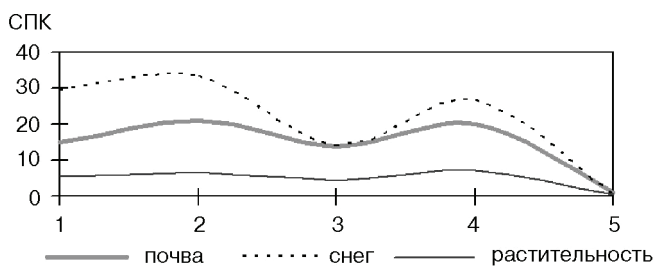


Рис. 4. СПК ТМ в природных компонентах депонирующей среды в различных функциональных зонах г. Биробиджана:

- 1 — промышленная зона; 2 — транспортно-селитебная зона;
- 3 — парковая зона; 4 — сельскохозяйственная зона;
- 5 — фоновая зона

Показано, что в основном происходит загрязнение промышленной, транспортно-селитебной и сельскохозяйственной территорий.

Для комплексной оценки пробных площадок, функциональных зон и всей территории использованы средневзвешенные показатели экологического состояния (ПЭКС), разработанные на основе величины СПК ТМ в природных компонентах и морфологических признаков состояния городской растительности:

$$\text{ПЭКС} = \frac{\sum_{i=1}^n K_i C_i}{\sum_{i=1}^n K_i},$$

где C_i — оценка в баллах i -го показателя объектов окружающей природной среды (ООПС), K_i — весовой коэффициент i -го показателя ООПС [6].

C_i может изменяться от 1 до 5 баллов. Низший балл (1) использовался для наиболее благоприятных, а высший (5) для наименее благоприятных значений показателей. Для оценки значимости вклада каждого показателя введен коэффициент (K), который зависит от времени отклика объекта на состояние окружающей среды. Например, для почв и коры деревьев, которые испытывают многолетнее действие загрязнителей, K равен 5 и 4 соответственно, а для твердых атмосферных осадков и листвы — 1. Применение коэффициентов позволяет сопоставлять показатели, измеренные в разных единицах, и вносящие различный вклад в формирование экологической ситуации [7].

Разработанная 5-балльная шкала по методике Стерджеса [14] позволяет произвести экологическую оценку природных компонентов в пределах пробных площадок и всей территории г. Биробиджана (табл.).

Таблица

Шкала интегральной оценки показателей экологического состояния природных компонентов в пределах пробных площадок

Балл	Уровень загрязнения	Категория загрязнения	Оценка экологического состояния
1,0—1,7	Слабый	Допустимая	Относительно удовлетворительная
1,7—2,4	Средний	Умеренно опасная	Конфликтная
2,4—3,1	Выше среднего	Средне-опасная	Напряженная
3,1—3,8	Высокий	Опасная	Критическая
3,8—4,5	Очень высокий	Очень опасная	Кризисная

Выявлено, что 21% территории относится к относительно чистым районам с хорошим состоянием природных компонентов (северо-запад, запад, юго-запад города), 46% имеет удовлетворительное качество ООПС (юг, восток, центр), 27% — неудовлетворительное (восток, северо-восток), 6% относится к высокоопасному уровню загрязнений с весьма неудовлетворительным показателем состояния природных компонентов (юг, юго-восток, центр города). На основе полученных данных проведена оценка территории по уровню загрязнения депонирующей среды (рис. 5).

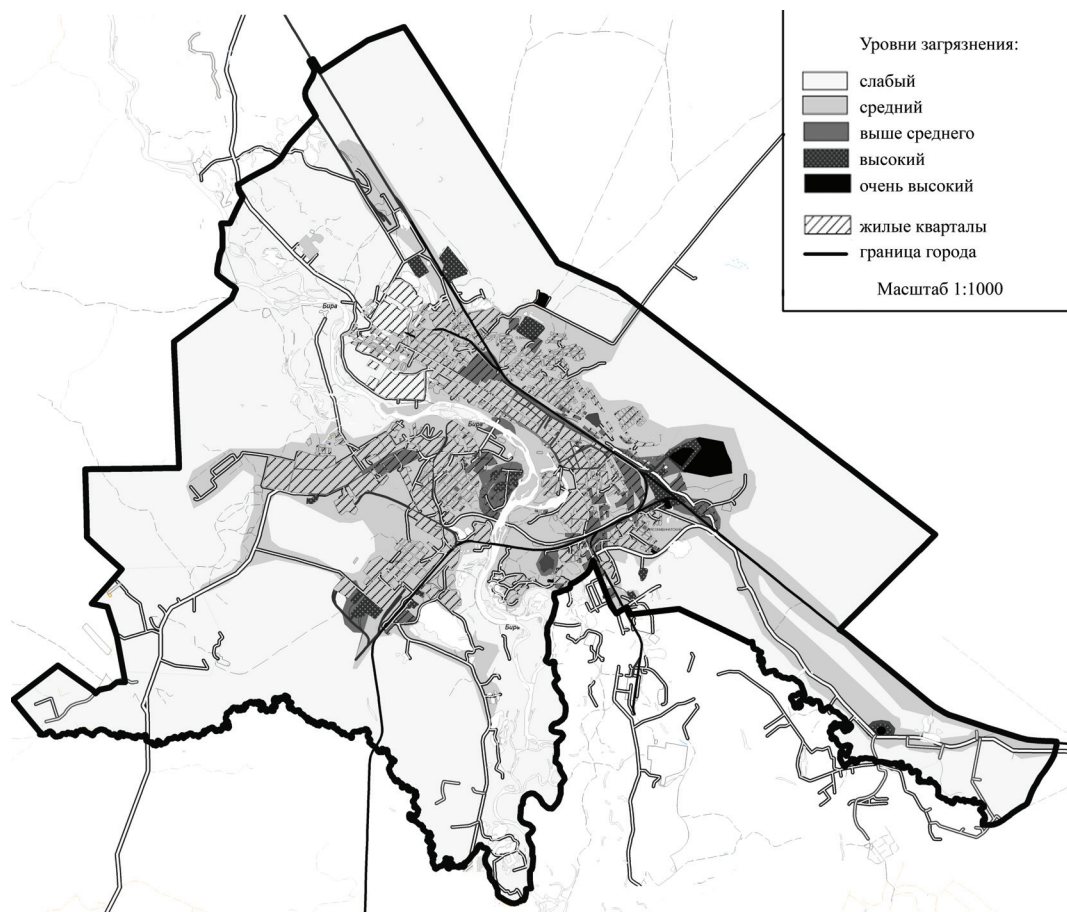


Рис. 5. Районирование территории г. Биробиджана по уровню загрязнения на основе ПЭКС деponирующей среды

Таким образом, оценка экологического состояния компонентов деponирующей среды может быть положена в основу определения качества урбанизированной территории с учетом функциональных зон.

Материалы исследований загрязнения компонентов деponирующей среды и полученные в работе результаты могут быть использованы в ходе решения градостроительных задач, включающих разработку экологического блока.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Курбатова А.С., Баикин В.Н. Экологические функции городских почв. — М.; Смоленск: Маджента, 2004.
- [2] Экогеохимия городских ландшафтов / Под ред. Н.С. Касимова. — М.: Изд-во МГУ, 1995.
- [3] Касимов Н.С., Перельман А.И. Проблемы и опыт регионального эколого-геохимического анализа ландшафтов / Географическое прогнозирование и охрана природы. — М.: Изд-во МГУ, 1990.
- [4] Битюкова В.Р. Экологические проблемы малых городов России // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5 «География и экология». — 2007. — № 1. — С. 13—21.

- [5] Паспорт города Биробиджана 2007 г. — Биробиджан: Еврстат, 2007.
- [6] *Григорьева Е.А.* Временная динамика регенерационной способности атмосферы в городе Биробиджане // Города Дальнего Востока: экология и жизнь человека. — Владивосток-Хабаровск: ДВО РАН, 2003. — С. 39—41.
- [7] *Калманова В.Б., Коган Р.М.* Особенности организации геоэкологического мониторинга средних и малых городов (на примере г. Биробиджан) // Региональные проблемы. — 2007. — № 8. — С. 144—149.
- [8] *Глазовская М.А.* Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР. — М.: Высшая школа, 1988.
- [9] *Добровольский В.В.* Биосферные циклы тяжелых металлов и регуляторная роль почвы // Почвоведение. — 1997. — № 4. — С. 431—441.
- [10] *Обухов А.И., Плеханова И.О.* Тяжелые металлы в почвах и растениях Москвы // Экологические исследования в Москве и Московской области. — М., 1990. — С. 148—161.
- [11] *Калманова В.Б.* Анализ накопления тяжелых металлов в почвах, снежном покрове и растительности урбанизированных территорий (на примере г. Биробиджана) // Материалы III региональной школы-семинара молодых ученых, аспирантов и студентов «Территориальные исследования Дальнего Востока». Биробиджан, 5—8 декабря 2005 г. — Биробиджан: ИКАРП ДВО РАН, 2005. — С. 40—42.
- [12] *Калманова В.Б.* Экологические критерии оценки городской среды (на примере г. Биробиджана) // Материалы Международной науч.-практич. конф. «Дальний восток и Еврейская автономная область: история, современность и перспективы развития». — Биробиджан, 21—22 апреля 2004 г. Биробиджан: Правительство ЕАО: ИКАРП ДВО РАН: БГПИ, 2004. — Ч. 2. — С. 77—82.
- [13] *Маслов Н.В.* Градостроительная экология. — М.: Высшая школа, 2002.
- [14] *Калинина В.Н., Панкин В.Ф.* Математическая статистика. — М.: Высшая школа, 2001.

**ECOLOGICAL CONDITION OF ACCUMULATIVE
ENVIRONMENT COMPONENTS AS A PARAMETER
OF QUALITY OF THE URBANIZED TERRITORIES
(on the example of Birobidzhan)**

V.B. Kalmanova, R.M. Kogan

Laboratory of Regional geoecology
Institute for Complex Analysis of Regional Problems
Far Eastern Branch Russian Academy of Sciences
Sholom-Aleikhem str., 4, Birobidzhan, Russia, 679016

The average parameters of ecological condition developed on the basis of analysis of pollutant concentration in natural components and morphological attributes of a condition of city vegetation are used for a complex estimation of the urbanized territories.

Key words: urban territory, accumulating, anthropogenous transformed, arboreal flora, soil, Birobidzhan, heavy metals.