УДК 504.06(571.5)

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ ТЕРРИТОРИЙ С РАЗЛИЧНОЙ СТЕПЕНЬЮ УРБАНИЗАЦИИ В УСЛОВИЯХ ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ

Воробьева И.Б.

ФГБУН «Институт географии им. В.Б. Сочавы» СО РАН, Иркутск, e-mail: irene@irigs.irk.ru

Экологические проблемы сосредоточены в крупных городах и регионах с высокой концентрацией промышленности и плотностью населения. В процессе урбанизации ландшафтные комплексы обеспечивают природную и функциональную целостность территории за счет сохранения средостабилизирующих и средообразующих функций отдельных ландшафтных компонентов. Установлено, что при оценке экологического состояния городской территории разной степени урбанизации (промышленный центр, монопромышленный город и отдельный район) на территории юга Восточной Сибири в условиях резко континентального климата с преобладающим северо-западным ветровым переносом и достаточно расчлененным рельефом изучение экологических функций отдельных ландшафтных компонентов является необходимым условием для поддержания экологического равновесия. Исследования снежного покрова в промышленном центре показали большую мозаичность и пестроту условий снегонакопления, было установлено, что содержание тяжелых металлов в почве зависит от формы рельефа и направления ветровых потоков; в Шелехове в снежном покрове выявлены аномально высокой зоны осаждения элементов к северо-западу и юго-востоку от алюминиевого завода и с захватом большой части жилого комплекса, сельскохозяйственных угодий и садоводческих участков. Установлено, что самые высокие концентрации бенз(а)пирена были обнаружены в верхних горизонтах почв города в промышленной зоне в непосредственной близости от источника загрязнения, с удалением от алюминиевого завода, содержание бенз(а)пирена, естественно, уменьшается, но все равно его концентрации превышали фоновый региональный уровень; специфика расположения и развития Академгородка, отсутствие промышленных зон, наличие больших площадей зеленых насаждений, так что основными источниками загрязнения являются воздушный перенос и автотранспорт, выявлены максимальные концентрации загрязняющих веществ вблизи автомобильных дорог, а на территории Академгородка сохраняется относительно удовлетворительная экологическая ситуация.

Ключевые слова: экологические функции, геохимические исследования, снежный и почвенный покров

ECOLOGICAL FUNCTIONS OF TERRITORIES WITH VARIOUS DEGREE OF URBANIZATION UNDER CONDITIONS OF EASTERN SIBERIA

Vorobeva I.B.

V.B. Sochava Institute of Geography SB RAS, e-mail: irene@irigs.irk.ru

Environmental problems are concentrated in large cities and regions with a high concentration of industry and population density. In the process of urbanization, landscape complexes ensure the natural and functional integrity of the territory by preserving the environment-stabilizing and environment-forming functions of individual landscape components. It was established that when studying the ecological status of urban areas of different degrees of urbanization (industrial center, single industrial city and a separate region) in the southern part of Eastern Siberia in conditions of a sharply continental climate with prevailing northwest wind transfer and a sufficiently dissected relief, the study of the ecological functions of individual landscape components is necessary condition for maintaining ecological balance. Studies of the snow cover in the industrial center showed great mosaic and variegated conditions of snow accumulation, it was found that the content of heavy metals in the soil depends on the shape of the relief and the direction of wind flows; in Shelekhov, an abnormally high zone of sedimentation of elements to the northwest and southeast of the aluminum plant was revealed in the snow cover and with the capture of a large part of the residential complex, agricultural lands and horticultural plots. It was found that the highest concentrations of benzo (a) pyrene were found in the upper horizons of the city's soils in the industrial zone in the immediate vicinity of the source of pollution, with the removal from the aluminum plant, the content of benzo (a) pyrene naturally decreases, but still its concentrations exceeded the background regional level; the specificity of the location and development of the Academgorodok, the lack of industrial zones, the presence of large areas of greenery, and the main sources of pollution are air transport and vehicles, maximum concentrations of pollutants near roads, and a relatively satisfactory ecological situation remains in the territory of the Academgorodok.

Keywords: ecological functions, geochemical studies, snow and soil cover

Экологические проблемы сосредоточены в районах с высокой долей промышленности и плотностью населения. Ландшафты, преобразованные деятельностью человека, преобладают над природными ландшафтами. Исследования, проведенные при изучении экологических проблем урбанизированных территорий, выявляют компоненты ландшафтов, наиболее быстро реагирующие на техногенные воздействия. Каждый компонент ландшафта имеет свою структуру, свою композицию и всегда взаимодействует с остальными компонентами. В процессе урбанизированных преобразований ландшафтные комплексы выполняют ряд экологических функций. Экологические функции – это свойства ландшафтных структур сохранять и воспроизводить параметры природной среды, характерные для соответствующих ландшафтов и обу-

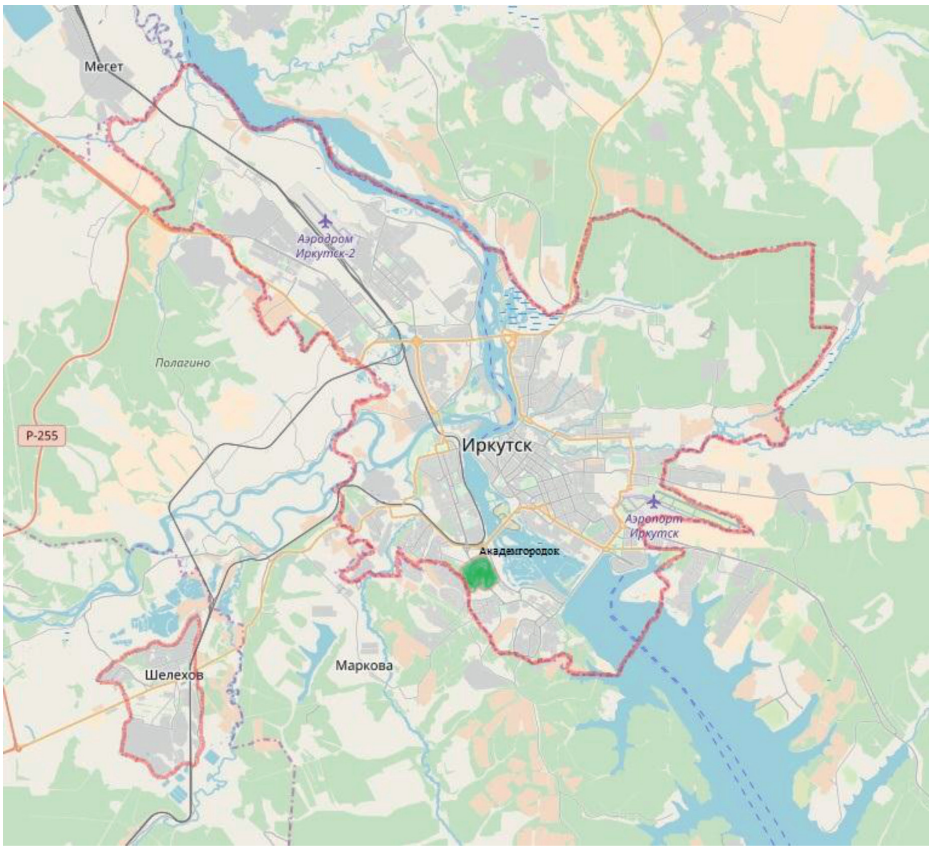
словленные их эволюционными особенностями. Их основная задача – обеспечение природно-функциональной целостности территории за счет сохранения средостабилизирующих и средообразующих функций отдельных ландшафтных компонентов [1].

Геохимические исследования показывают, что существуют функциональные связи между выбросами промышленных предприятий и твердофазными выпадениями из атмосферы на земную поверхность. Это позволяет использовать природные среды, депонирующие осаждения, для картирования зон воздействия источников загрязнения. Почва является индикатором геохимической обстановки в ландшафте, потому что она находится на пересечении всех транспортных путей миграции химических элементов. Она фиксирует контуры загрязнения и отражает совокупный эффект многолетнего антропогенного воздействия в условиях с длительным залеганием снежного покрова как показатель загрязнения атмосферы [2].

Цель данной работы – на основе геохимических исследований почвенного и снежного покровов дать характеристику средообразующей функции городской территории разной степени урбанизации при поддержании экологического баланса территории.

Материалы и методы исследования

Для выявления техногенных геохимических зон, формирующихся под воздействием промышленного и автомобильного влияния, были исследованы химический состав снега и почв территорий разной степени урбанизации: г. Иркутск, Шелехов и микрорайон г. Иркутска – Академгородок (рисунок). Было отобрано и проанализировано в Иркутске – 55 проб почв; в Шелехове – 28 проб снега и 20 почв, в Академгородке – 32 пробы снега и 18 почв. Образцы почвы и снега отбирались и анализировались по общепринятым методикам с учетом требований ГОСТов, а затем проводили сравнение с кларками и региональным фоном.



Карта-схема расположения территории исследования:
– границы городской территории;
– границы территории Академгородка;
– территория Академгородка

Результаты исследования и их обсуждение

Иркутск относится к городам с широким спектром промышленного производства. Население подвергается воздействию загрязненного воздуха, питьевой воды, почвы и продуктов питания. Такая ситуация обусловлена сложным сочетанием собственных загрязняющих веществ и воздействием расположенных вблизи мощных городов Иркутско-Черемховской промышленной агломерации – Ангарска, Шелехова, Усолья-Сибирского. Иркутск расположен в долине реки Ангары, которая направляет потоки воздуха в направлении с северо-запада на юго-восток. Частые инверсии, туманы, отсутствие крупных зеленых массивов, степные ландшафты, превращенные в сельскохозяйственные поля, неудачное расположение промышленных и энергетических объектов способствуют загрязнению городских территорий. Большая часть города лежит в пределах высокой поймы и террас р. Ангара, Иркут, Ушаковка, Кая, Топки и др. Структура поймы р. Иркут и Ушаковки обеспечивает перенос воздушных масс из Шелехова (от алюминиевого завода) в центр города.

Изучение снежного покрова в городе показало на момент исследования, что средняя высота колеблется между 19 и 37 см, что ниже среднего многолетнего (37 см). При этом наблюдается большая мозаичность и разнообразие условий снегонакопления – запасы воды колебались от 31 до 108 мм. Известно, что отклонения от исходных значений pH указывают на низкую производительность. Полученные результаты свидетельствуют о том, что техногенно обусловленные зоны расположены на всей территории города, и это нет возможности выделить какие-то зоны (pH от 6,1 до 7,85, фоновые значения – 5,5). Преобладающее северо-западное направление ветра, рассеивающего техногенную пыль на большие расстояния от источников питания, оказывает большое влияние на формирование зон повышенного содержания сорбированного техногенного вещества в снеге. Основная часть городской территории находится в зоне с содержанием 1089–1425 мг/л твердого вещества, минимальные количества (191 мг/л) приурочены к зеленым зонам (парк Парижской Коммуны, Центральный парк культуры и сосновый лес курорта Ангара). Распространение растворимого фтора показало пеструю картину, содержание элемента изменяется в 30 раз (от 0,5 до 15,5 мг/л). Анализ содержания микроэлементов в снеговых пробах показал, что сурьма, мышьяк, кадмий не были обнаружены на территории города, а выявленные кобальт, медь и никель со стоком попадают в водоемы и почву.

Почва, являясь менее динамичной и более инерционной системой, чем снег, становится надежным информатором, позволяющим оценить степень техногенного давления на городские территории в течение длительного времени. Почвы газонов представляют большой интерес как основной источник пыли и вторичного загрязнения поверхностного слоя атмосферы тяжелыми металлами.

Результаты исследования выявили колебания в содержании элементов в почве газонов и скверов г. Иркутска (табл. 1). Установлено, что никель, хром, ванадий, марганец и свинец накапливаются на повышенных формах рельефа. Ситуация усугубляется тем, что каждая третья семья (по данным Госкомстата) имеет приусадебные и дачные участки, расположенные в пригородной, а зачастую и в городской зоне, где производится более половины овощей и ягод, а уровень загрязнения почвы значительно выше безопасного. Выявленные особенности химического загрязнения почвенного покрова позволяют говорить о значительной дифференциации городской территории по экологической обстановке.

Территория, в пределах которой расположен город Шелехов, занимает часть Иркутско-Черемховской равнины и предгорья Ольхинского плато. Луговые, степные и подтаежные сосновые ландшафты региона практически полностью изменены интенсивным антропогенным воздействием: техногенным, сельскохозяйственным, рекреационным.

Главной крупной рекой Шелеховского района является Иркут, который существенно влияет на городскую обстановку в связи с большими разливами во время паводков. Город Шелехов и его промышленная зона расположены в нижней части широкой и слабо расчлененной долины реки Иркут. Растительность в городской зоне города в значительной степени формируется искусственными насаждениями, и к настоящему времени они достигли возраста 25–35 лет. Однако в условиях воздействия вредных выбросов промышленных предприятий продолжительность естественной жизни деревьев и насаждений снижается в 2–3 раза. Город Шелехов включен в перечень монопрофильных муниципальных образований Российской Федерации (моного-

родов), где источником загрязнения воздуха является Иркутский алюминиевый завод, который находится в нескольких километрах от города.

По данным снегохимической съемки, выявлено, что аномально высокие площади осаждения элементов простираются на северо-запад и юго-восток и охватывают значительную часть городской жилой застройки, сельскохозяйственных угодий и садоводческих участков. Установлено, что максимальная техногенная нагрузка в промышленной зоне составляет более 20 мкг/м^2, санитарно-защитной зоне (СЗЗ) – до 18, в жилой – менее 1. Среди наиболее важных загрязнителей почв антропогенной природы выделяются фторсодержащие соединения и бенз(а)пирен. Концентрации водорастворимого фтора в почве уменьшаются по мере их удаления от промышленной площадки, а на самой площадке выделяются участки с содержанием фтора более 14 ПДК. По мере удаления от источника выбросов его содержание уменьшается: в СЗЗ количество водорастворимого фтора колеблется от 6,5 до 3,5 ПДК. Повышенное содержание водорастворимого фтора в почвах промзоны и жилых зданий свидетельствует о постоянном характере четко обоснованного загрязнения территории по розе ветров. Наиболее высокие концентрации бенз(а) пирена обнаружены в верхних горизонтах почв промзоны в окрестностях алюминиевого завода (более 10 ПДК), а также в СЗЗ, до 5 ПДК. С удалением от промышленного предприятия содержание бензо(а)пирена закономерно уменьшается: в СЗЗ до 3–4 ПДК, в городе от 0,9 до 2 ПДК. При этом концентрации бензо(а)пирена всегда превышали фоновый региональный уровень, что свидетельствует о повсеместном загрязнении почв Шелеховского района.

Территория Иркутского Академгородка, расположенная в черте города, сочетает в себе свойства как природных, так и урбанизированных ландшафтов. Особенность развития Академгородка заключается в отсутствии промышленных предприятий и наличии больших площадей зеленых насаждений, жилой площади с комплексом социальной инфраструктуры (школы, детские сады, магазины), а также компактном расположении различных научно-исследовательских институтов Российской Академии наук. Институтские комплексы расположены на верхней части склона и от жилой застройки отделены улицей Лермонтова (одна из самых напряженных магистралей города) [6].

На территории Академгородка преобладает северо-западный атмосферный перенос, и все загрязнения, образуемые северо-западными районами города и комплексами института, оседают в жилых массивах. Жилая зона расположена в нижней части склона, и все загрязнения от таяния снега и дождей переносятся в жилые кварталы. Ново-Иркутская ТЭЦ оказывает интенсивное загрязняющее воздействие на склоны, но поскольку жилые комплексы Академгородка расположены на склоне, обращенном в противоположную сторону, это снижает техногенное воздействие.

Таблица 1

Содержание микроэлементов в почвах г. Иркутска, мг/кг

Элементы	Значения				
	Экспериментальные (n = 55)	Фоновые по А. Кабата-Пендиас, Х. Пендиас [3]	Фоновые по Гребенщикова и др. [4]	Кларк по А.П. Виноградову [3]	ПДК, валовое подвижное [5]
Cu	22–57*	31,9	44,60	20	–/3
Pb	14–180	27,06	11,3	10	30
Sr	195–310	297,78	300	300	–
Co	12–98	12,17	17,45	10	–/5
V	42–130	81,23	107	200	150/–
Cr	11–120	91,02	400	200	0,05/6
Mn	500–830	878,68	1200	850	1500
Ni	27–85	46,29	43,35	40	–/4

Примечание. * – минимальные и максимальные значения.

Таблица 2

Содержание микроэлементов в почвах Академгородка, мг/кг

Элементы	Значения				
	Экспериментальные (n = 18)	Фоновые по А. Кабата-Пендиас, Х. Пендиас [3]	Фоновые по Гребенщикова и др. [4]	Кларк по А.П. Виноградову [3]	ПДК, валовое подвижное [5]
Cu	26,55–92,08* / 42,60	31,9	44,60	20	– / 3
Pb	16,71–101,32 / 31,75	27,06	11,3	10	30
Sr	24,35–39,67 / 31,74	297,78	300	300	–
Co	12,85–24,56 / 18,5	12,17	17,45	10	– / 5
V	62,90–95,98 / 83,63	81,23	107	200	150 / –
Cr	62,76–151,53 / 90,36	91,02	400	200	0,05 / 6
Ba	550,01–1109,74 / 791,66	534,39	–	500	–
Mn	434,50–1111,02 / 737,39	878,68	1200	850	1500
Ni	44,55–77,47 / 66,03	46,29	43,35	40	– / 4
Ti	28,36–176,90 / 4488,12	52,89	–	4600	–

Примечание. * – в числителе: минимальные и максимальные значения; в знаменателе – средние; «–» – не определялся.

На территории Академгородка нет промышленных предприятий, загрязнение воздуха и выбросы автотранспорта являются основными источниками загрязнения. Выявлены небольшие колебания значений pH снеговой воды (от 6,4 до 7,4). При таянии снега твердое вещество попадает в почву и поверхностные воды, влияя на их химический состав. Согласно классификации А.И. Перельмана [7], кальций, магний, натрий, стронций относятся к числу элементов с сильной интенсивностью миграции (группа 1); марганец, барий, калий, медь, кремний, мышьяк, таллий – средней (группа 2), а алюминий, железо, цинк, титан, руководство, ванадий и др. – слабой и очень слабой (группа 3). Установлено, что элементы первой и второй групп присутствуют во всех образцах снеговой воды (за исключением мышьяка и таллия из второй группы), которые были обнаружены только в двух образцах. Из третьей группы свинец и ванадий определялись в трех образцах, а остальные элементы во всех образцах. А такие элементы, как мышьяк, таллий, свинец и ванадий, определялись только в пробах, взятых из прилегающих участков склона, что, по-видимому, связано с выбросами Ново-Иркутской ТЭЦ.

Для описания текущего состояния территории информацию о содержании химических элементов в снежном покрове следует дополнять информацией об их содержании в почве. Установлено, что средние концентрации стронция, хрома и марганца не превышают общемировых фоновых значений, тогда как концентрации меди, свинца, кобальта, бария, никеля, ванадия и титана значительно превышают общемировые значения [3], но в пределах регионального фона [4] (табл. 2). Максимальные концентрации тяжелых металлов были выявлены вблизи автодорог Старокузмихинская и Лермонтова, которые граничат с жилой зоной: свинец – 3 ПДК, медь – 13, кобальт – 5, хром – 2,5, никель – 2 ПДК [5].

Для территории Академгородка не установлено загрязнение снежного покрова и почв, связанных с промышленными предприятиями, в сравнении с другими районами города, хотя выявлены пространственно локализованные аномалии, связанные с автомобильными дорогами, и территория сохраняет относительно удовлетворительную экологическую обстановку.

Выводы

Оценка экологического состояния городской территории разной степени урбанизации (промышленный центр, моно-промышленный город и отдельный район) показала:

– исследования снежного покрова в областном центре (Иркутск) выявили большую мозаичность и пестроту условий снегонакопления, установлено, что содержание тяжелых металлов в почве зависит от форм рельефа и направления ветровых потоков;

– выявленные в моногороде (Шелехов) аномально высокие ареалы элементов по данным снегохимической съемки распространяются в основном на северо-запад и юго-восток, наиболее высокие концентрации бенз(а)пирена обнаружены в верхних горизонтах почв промышленной зоны, с удалением от промышленных предприятий содержание бенз(а)пирена снижается, но все же его концентрации превышали фоновый региональный уровень, то есть почвы Шелеховского района загрязнены повсеместно;

– специфика расположения и застройки Академгородка – отсутствие промышленных зон, наличие больших площадей зеленых насаждений, а основным источником загрязнения является автотранспорт, и, как следствие, максимальные концентрации загрязняющих веществ были выявлены около автомобильных магистралей, и территория сохраняет относительно удовлетворительную экологическую обстановку.

На территории юга Восточной Сибири в условиях резко континентального климата с преобладающим северо-западным ветровым переносом и расчлененным рельефом изучение экологических функций городской территории с разной степенью урбанизации является необходимым условием поддержания экологического равновесия территорий, соблюдения интересов населения и целостности природных объектов.

Список литературы / References

1. Нарбут Н.А., Матюшкина Л.А. Выбор и обоснование экологических критериев для оценки состояния городской среды // Вестник Тихоокеанского государственного университета. 2009. № 3 (14). С. 71–76.

Narbut N.A., Matyushkina L.A. Selection and Justification of Ecological Criteria for the Assesment of the State of the Urban Environment // Vestnik Tixookeanskogo gosudarstvennogo universiteta. 2009. № 3 (14). P. 71–76 (in Russian).

2. Нечаева Е.Г., Белозерцева И.А., Напрасникова Е.В., Воробьева И.Б., Давыдова Н.Д., Дубынина С.С., Власова Н.В. Мониторинг и прогнозирование вещественно-динамического состояния геосистем сибирских регионов. Новосибирск: Наука, 2010. 315 с.

Nechaeva E.G., Belozertseva I.A., Naprasnikova E.V., Vorobyeva I.B., Davydova N.D., Dubynina S.S., Vlasova N.V. Monitoring and forecasting of the substance-dinamical state of geosystems in the Siberian regions. Novosibirsk: Nauka, 2010. 315 p. (in Russian).

3. Воробьева И.Б., Напрасникова Е.В., Власова Н.В. Экологическое состояние юго-западного побережья оз. Байкал при антропогенном воздействии // Проблемы биогеохимии и геохимической экологии. 2008. № 3 (7). С. 115–122.

Vorobyova I.B., Naprasnikova E.V., Vlasova N.V. An ecological condition of the southwest coast of the Lake Baikal at anthropogenic influence // Problems of biogeochemistry and geochemical ecology. 2008. No. 3 (7). P. 115–122 (in Russian).

4. Гребенщикова В.И., Лустенберг Э.Е., Китаев Н.А., Ломоносов И.С. Геохимия окружающей среды Прибайкалья (Байкальский экологический полигон). Новосибирск: Акад. из-во «Гео», 2008. 234 с.

Grebenshchikova V.I., Lustenberg E.E., Kitayev N.A., Lomonosov I.S. Geokhimiya of the environment of Baikal region (Baikal ecological ground). Novosibirsk: Akad. iz-vo «Geo», 2008. 234 p. (in Russian).

5. ГН 2.1.7.2041-06. Предельно допустимые концентрации химических веществ в почве. М., 2006. 15 с.

6. Воробьева И.Б. Эколого-геохимические аспекты состояния природно-антропогенного комплекса (на примере Иркутского Академгородка) // Сибирский медицинский журнал. 2007. № 5. С. 74–76.

7. Перельман А.И. Геохимия. М.: Высшая школа, 1979. 423 с.

Perelman A.I. Geochemistry. M.: Vy`sshaya shkola, 1979. 423 p. (in Russian).