

– использовать данные мониторинга и знания закономерностей циркуляции атмосферы для оценки вкладов региональной и глобальной составляющих загрязнений;

– накопить исходные данные для проведения комплексной экологической экспертизы с целью принятия оптимальных управленческих решений.

В системе Минлесхоза Республики Беларусь организована Центральная лаборатория по оценке и контролю влияния загрязнения воздушной среды на леса. Лаборатория оснащена современным оборудованием, позволяющим проводить спектральные и молекулярные исследования степени загрязненности основных продуктов леса (древесины, грибов, ягод и т. д.), анализ устойчивости лесных фитоценозов к химическому загрязнению, исследование биогенных веществ (нитро-, хлор-, серосодержащих и др.) в почвенном покрове.

Для изучения факторов и процессов влияния воздушных загрязнителей на лесные экосистемы заложена 81 постоянная пробная площадь для отбора и исследования образцов почвы, осадков, воздуха, грунтовых вод и растительности.

С 2001 г. ГЛПО «Белгослес» проводит исследования по разработке методики определения сети пунктов воздушного мониторинга, выбора инструментальных средств измерений, способов и средств передачи данных, а совместно с Белгосуниверситетом разрабатывается ГИС «Мониторинг загрязнения воздуха» как составная часть ИСУЛХ.

1. Логинов В. Ф. Основы экологии и природопользования. Полоцк, 1998.

2. Тарасенко В. П., Лысенкова А. В. Руководство по организации и проведению мониторинга лесов Белоруссии и выявлению воздействия техногенного загрязнения атмосферного воздуха на леса. Гомель, 1989.

3. Кулагин А. П., Самойлович Д. В., Таранчук В. Б. // Актуальные проблемы информатики: Сб. тр. VI Междунар. науч. конф. Мн., 1998. Ч. 1. С. 38.

Поступила в редакцию 30.01.2001.

Иосиф Станиславович Войтешенко – кандидат технических наук, доцент кафедры информационного и программно-математического обеспечения автоматизированных производств БГУ.

Алексей Петрович Кулагин – кандидат сельскохозяйственных наук, главный инженер ГЛПО «Белгослес».

Валерий Борисович Таранчук – доктор физико-математических наук, профессор кафедры информационного и программно-математического обеспечения автоматизированных производств БГУ.

УДК 550.4 (476)

В.В. РАЙСКИЙ, А.А. КАРПИЧЕНКО, О.В. РАЙСКАЯ, Н.В. ГАГИНА

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ (на примере учебных и жилых зон БГУ)

The anthropogenic effect on different components of urban landscapes is esteemed. The complex geoeological estimation of terrain is carried out.

Согласно современным научным представлениям город целесообразно рассматривать как систему, включающую природные, технические и социальные элементы. Их сложность и взаимосвязь определяют предметную сферу исторических, социологических, градостроительных, медицинских, физико- и экономико-географических, геоэкологических и других направлений исследований. Характерной чертой городских систем является особый вид территориальной концентрации – урбанистическая, отличающаяся масштабом и разнообразием объектов и видов хозяйственной деятельности населения на ограниченной территории. В результате возникают экологические проблемы, связанные с пространственной и функциональной транс-



формацией компонентов природных комплексов, импактным загрязнением окружающей среды. Интенсивность и масштабность этих процессов свидетельствуют о формировании техногенных геохимических и биогеохимических аномалий не только локального, но и регионального уровня [1].

В настоящее время в республике существует несколько направлений экологической оценки урбанизированных территорий. Проводится анализ воздушной среды и выбросов в атмосферу (Центр радиационного контроля и мониторинга природной среды Комгидромета Республики Беларусь); депонирующих сред – снежного покрова, почв, растительности, донных отложений (Институт геологических наук НАН Беларуси, НИИ почвоведения и агрохимии, Институт проблем использования природных ресурсов и экологии НАН Беларуси и др.); организованы санитарно-гигиенические, токсикологические, гидрогеохимические исследования водных ресурсов для питьевых, коммунально-бытовых и промышленных нужд (Центральный научно-исследовательский институт, Белорусский научно-исследовательский центр "Экология" и др.) [2].

Следует отметить, что интегрирование и синтез результатов покомпонентных исследований возможны на основе геоэкологического подхода – оценки территориальной дифференциации качества среды жизнедеятельности населения.

С этой целью студентами-экологами географического факультета БГУ в 2000 г. была проведена геоэкологическая оценка учебной и жилой зон университета, составлена серия оценочных карт в электронном варианте на базе программы Arc View.

Работа была выполнена в рамках гранта БГУ, выделяемого для научно-исследовательских коллективов студентов, и является составной частью изучения влияния антропогенной деятельности на урбанизированные ландшафты различных городов Республики Беларусь, проводимого кафедрой геоэкологии географического факультета университета.

Первый полигон (учебная зона БГУ) занимает площадь 4,6486 га и включает в себя административные корпуса, главный корпус, учебно-лабораторные корпуса физического и химического факультетов, а также здания географического факультета и НИИ ядерных проблем. Полигон имеет форму параллелограмма и с северо-запада ограничен пр. Франциска Скорины, с юга – ул. Бобруйской, с востока – ул. Ленинградской. Качество среды на данном полигоне обусловлено соседством железнодорожного вокзала, оживленных магистралей и транспортных развязок.

Второй полигон (жилая зона БГУ) площадью 4,0618 га имеет форму неправильного многоугольника, вытянутого с юго-востока на северо-запад. В него входят общежития БГУ (№ 2, 5, 6, 7), административное здание Студенческого городка, спортивный комплекс и стадион. С севера территория ограничена ул. Октябрьской, с юга и запада – р. Свислочь. Полигон располагает более благоприятными условиями формирования качества среды, так как находится в долине р. Свислочь, что обуславливает достаточно эффективную вентиляцию воздушного бассейна. К числу неблагоприятных факторов относится соседство предприятий пищевой промышленности (ПО "Кристалл", Минский дрожжевой комбинат) и машиностроения (Минский завод Октябрьской революции).

В процессе исследования были использованы материалы полевых наблюдений, фондовые материалы природоохранных организаций города Минска, предприятия гидроэкологии "ЭКОСПЕКТР", данные кабинета экологического мониторинга географического факультета БГУ, НИИ почвоведения и агрохимии.

Анализировались различные компоненты городских ландшафтов (атмосферный воздух, поверхностные воды, почвенный и растительный покров), а также проводились исследования радиационной обстановки.

При оценке состояния загрязнения атмосферного воздуха участков применялся метод сравнения среднесуточных и максимальных разовых среднесуточных концентраций с максимально разовыми ПДК. Среднемесячные значения этих же показателей сравнивались со среднесуточной ПДК. Степень загрязнения воздуха оценивалась и по количеству зарегистрированных случаев повышенного высокого содержания вредных веществ. Исследования проводились на двух стационарных метеопостах: пост № 1 по ул. Судмалиса и пост № 2 по ул. Бобруйской.

Для определения основных компонентов химического состава вод и характеристики их физических свойств были использованы фотоколориметрический (определение содержания NO_2^- , NH_4 , SO_4^{2-} , PO_4^{3-}), потенциометрический (определение содержания pH), титрометрический (определение содержания Cl^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} , HCO_3^-) методы, а также измерялись перманганатная окисляемость, биологическое потребление кислорода (БПК₅) [3, 4].

Анализ проб воды проводился в кабинете экологического мониторинга географического факультета.

Почвенно-экологические исследования включали определение содержания тяжелых металлов: кадмия, свинца, меди, цинка и никеля. В разных местах почвенным буром были отобраны смешанные образцы почвы 0–10 см в 10-кратной повторности в слое на трех площадках: 1-я – у корпуса НИИ ядерных проблем; 2-я – в университетском дворе; 3-я – по ул. Октябрьской (рядом с общежитием № 2).

На этих же участках была изучена древесная растительность (326 экземпляров) и проведено ранжирование древостоя по устойчивости к внешним воздействиям.

Для характеристики радиационной обстановки на четырех точках прибором РУГ 91 была измерена экспозиционная доза, а прибором АНРИ.01 "СОСНА" – удельная активность по Cs-137 и K-40.

Атмосферный воздух. Загрязнение атмосферного воздуха в центральной части г. Минска во многом предопределено высокой концентрацией первичных источников выбросов. На посту № 1 зафиксирована повышенная загрязненность воздуха аммиаком и формальдегидом. В период с января по август средние концентрации аммиака составляли 1,0–2,0 ПДК, а максимальная из разовых превышала ПДК в 3,1 раза. Содержание формальдегида превышало норму в апреле и в июле (1,4 и 1,3 ПДК соответственно), а средний уровень загрязнения пылью, диоксидами серы и азота, оксидом углерода ниже ПДК.

Для поста № 2 характерно повышенное содержание в атмосферном воздухе аммиака и формальдегида. В период с марта по август средние концентрации аммиака составляли 1,2–2,3 ПДК, а максимальная из разовых превышала предельно допустимую концентрацию в 3,6 раза. С мая по сентябрь отмечено повышенное содержание в воздухе формальдегида: средние концентрации составляли 1,8–2,9 ПДК, а максимальные из разовых превышали ПДК в 3,5 раза. Средний уровень загрязнения пылью, диоксидом серы и азота, оксидом углерода был ниже ПДК. Разовая максимальная концентрация пыли в июне составила 2 ПДК.

Поверхностные воды. Формирование химического состава поверхностных вод на городских территориях зависит от ряда природных и антропогенных факторов. Под влиянием последних солевой состав р. Свислочь претерпевает существенные изменения. Наблюдается повышенная общая минерализация. Наиболее четко прослеживается тенденция к росту концентраций хлоридных ионов; данный показатель гораздо выше среднего значения (4,8 мг/л), характерного для природного гидрохимического фона.

Зафиксирована повышенная концентрация ионов кальция и магния – 20 % от общего количества. Незначительное содержание в воде азота объ-

ясняется, по-видимому, его полным потреблением живыми организмами в период взятия проб (теплая продолжительная осень). Показатели органического вещества (перманганатная окисляемость, цветность) невысокие.

В целом, исходя из полученных данных, воду р. Свислочь в момент обследования (1 ноября 2000 г.) можно считать умеренно загрязненной.

Почвенный покров. При экологической оценке накопления тяжелых металлов в почве нами использовались данные [5], по которым допускается следующее экологобезопасное их валовое содержание: Cd – 1,0–1,5 мг/кг; Cu – 10,1–20,0; Pb – 15,1–20,0; Zn – 40,1–70,0 мг/кг. При содержании, равном соответственно 1,6–3,0 мг/кг; 20,0–50,0; 20,1–30,0 и 70,0, состояние по загрязнению почвы тяжелыми металлами считается неудовлетворительным. Критический же уровень составляет для Cd > 3 мг/кг; Cu > 50; Pb > 30; Zn > 100 мг/кг.

Результаты проведенных анализов (рисунок) показали невысокое валовое содержание в почве кадмия (в 3 раза ниже, чем в среднем по республике [6]).

По содержанию свинца почвы на 2-м и 3-м участках относятся к загрязненным, в то время как на первой площадке содержание свинца немного меньше порогового уровня. Среднее значение его валового содержания (11 мг/кг) по республике почти в два раза ниже [6].

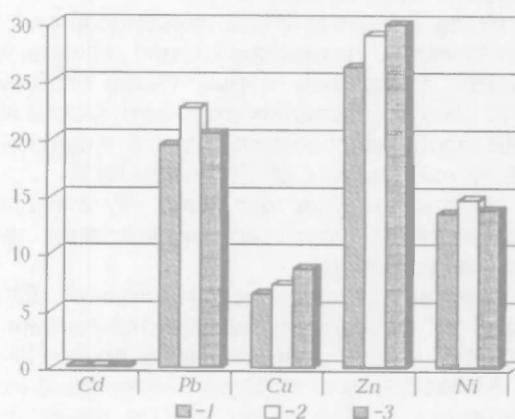
Содержание меди на исследуемой территории не превышает установленных норм и практически равно среднему значению.

По цинку почвы относятся к незагрязненным, хотя его валовое содержание несколько повышено, но ни в одном образце не достигает ПДК.

Никеля в почвах исследуемых объектов содержится в два раза больше, чем в среднем по республике, но в целом этот показатель не достигает критических значений.

Анализируя результаты исследований по изучению загрязнения почв тяжелыми металлами, можно отметить, что они относятся к загрязненным по свинцу и условно чистым по другим элементам. Однако для более полного освещения обстановки необходимо продолжение экспериментов. В частности, следует провести анализ содержания подвижных форм тяжелых металлов в почве, поскольку соотношение между валовыми и подвижными формами элемента служит важной характеристикой антропогенного загрязнения [7–9].

Необходимо отметить, что почвы фактически являются антропогенно сформированными в связи с тем, что на исследуемые участки неоднократно завозился грунт. Последний завоз проводился около 1,5 года тому назад, поэтому ее состав во многом определяется свойствами завезенного грунта. Нужно учитывать также то, что на данной территории производится ежегодное отчуждение растительного опада. В итоге из биологического круговорота исключаются многие химические элементы (в том числе и тяжелые металлы), снижается содержание органического вещества, сорбирующего металлы, вследствие чего они интенсивно выносятся как вниз по профилю, так и за пределы участка. В результате этих процессов содержание тяжелых



Валовое содержание тяжелых металлов в почвах

металлов в почвах исследуемых участков понижено по сравнению с другими территориями г. Минска [9].

Древесная растительность. На двух полигонах отмечается не менее 13 видов древесных пород. Среди них преобладают каштан конский, липа, клен серебристый, тополь и ива белая, которые относятся в основном к малоустойчивым к антропогенному загрязнению породам (табл. 1).

Таблица 1

Характеристика зеленых насаждений района исследования по устойчивости к внешним воздействиям (на 01.11.2000 г.)

Наименование видов растений	Количество деревьев одного вида	Устойчивость к внешним воздействиям	Применение в насаждениях	Примечание
Хвойные породы				
Ель обыкновенная	8	Малоустойчива	Массивы, аллеи, группы	Не переносит застоя воды
Можжевельник обыкновенный	2	Устойчив относительно	Группы, одиночные	Плохо переносит засоление почв
Лиственные породы				
Арония обыкновенная	1	Устойчива относительно	Группы, одиночные	–
Береза бородавчатая	16	Устойчива относительно	Аллеи, одиночные, группы	–
Дуб черешчатый	3	Устойчив	Массивы, группы, одиночные	Переносит уплотнение почв
Ива белая	30	Устойчива	Массивы, группы, одиночные	Плохо переносит засоление и уплотнение
Каштан конский	105	Малоустойчив	Аллеи, группы, одиночные	Не переносит засоления
Клен серебристый	45	Устойчив	Аллеи, группы, одиночные	–
Липа мелколистная	64	Малоустойчива	Уличные, одиночные, группы, аллеи	–
Орех	11	Устойчив	Группы, одиночные	–
Рябина обыкновенная	1	Устойчива	Группы, одиночные, аллеи	Не переносит засоления и уплотнения почв
Тополь канадский	37	Устойчив	Уличные аллеи, одиночные, группы	–
Ясень обыкновенный	1	Устойчив относительно	Уличные аллеи, одиночные, группы	Не выносит засоления почв

В частности, в районе Студенческого городка сосредоточены основные посадки малоустойчивых видов деревьев, а исследуемая территория находится под влиянием выбросов промышленных предприятий.

Наоборот, непосредственно на территории университета произрастают более устойчивые к внешнему воздействию древесные породы, однако нагрузка на них также высокая, что обусловлено расположением участка в центре города (транспортный узел, железная дорога и т. д.).

Радиационная обстановка. Мощность экспозиционной дозы ионизирующего излучения на 20 ноября 2000 г. на большей части исследуемой территории составила 0,012–0,013 мР/ч (табл. 2). Лишь во внутреннем дворе университетского городка, возле НИИ ядерных проблем, данный показатель повышается до 0,015 мР/ч, что, однако, не превышает допустимой принятой мощности экспозиционной дозы (0,020 мР/ч). В целом радиационную обстановку на территории можно охарактеризовать как удовлетворительную.

Для части образцов почв был проведен анализ удельной активности Cs-137 и K-40. Исследования показали, что этот показатель для Cs-137 не превышает нормы и составляет 0,073–0,093 Бк/л. Что касается K-40, то

удельная активность данного изотопа почвы клумбы около главного корпуса составляет 0,054 Бк/л, на остальной территории – 0,012–0,026 Бк/л.

Таблица 2

Характеристика экспозиционной дозы и удельной активности территории района исследования (на 01.11.2000 г.)

Мощность дозы и удельная активность	Географический факультет	Химический факультет	Клумба возле главного корпуса	НИИ ядерных проблем
$\dot{\gamma}$, мР/ч	0,012	0,013	0,012	0,015
A_{ν} Cs-137, Бк/л	0,077	0,084	0,093	0,079
A_{ν} K-40, Бк/л	0,012	–	0,054	0,026

В результате проведенной работы можно сделать следующие выводы:

1. Исследуемая территория является в значительной степени антропогенно преобразованной и подверженной высокой техногенной нагрузке, качество среды характеризуется как умеренно загрязненное.

2. Качество атмосферного воздуха можно оценить как удовлетворительное, однако отмечается несколько повышенное содержание аммиака и формальдегида.

3. На изучаемом участке р. Свислочь прослеживается повышение общей минерализации главным образом за счет концентрации хлоридных ионов, а также ионов Ca^{2+} и Mg^{2+} . В целом на момент исследования (1 ноября 2000 г.) воду р. Свислочь можно считать умеренно загрязненной.

4. Почвы исследуемых территорий относятся к загрязненным по свинцу и условно чистым по другим элементам (Cd, Cu, Ni, Zn), при этом содержание тяжелых металлов в них ниже, чем в целом по г. Минску.

5. Древостой жилой и отчасти учебной зон представлен малоустойчивыми породами и нуждается в улучшении видового состава.

6. Радиационная обстановка территории характеризуется как удовлетворительная с некоторым повышением радиационного фона вблизи НИИ ядерных проблем.

7. Методические подходы, использованные в данной работе, могут применяться при проведении исследований других городских территорий.

1. Экогеохимия городских ландшафтов / Под ред. Н.С. Касимова. М., 1995.
2. Хомич В.С., Какарека С.В., Кухарчик Т.И. // Природные ресурсы. 1999. № 1. С. 135.
3. Сборник методик выполнения измерений, допущенных к применению в деятельности лабораторий экологического контроля предприятий и организаций Республики Беларусь. Мн., 1998.
4. Семенов А.Д. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши Л., 1997.
5. Методика ведения мониторинга земель Республики Беларусь. Мн., 1993.
6. Состояние природной среды Беларуси / Под ред. В.Ф. Логинова. Мн., 1999.
7. Водяницкий Ю.Н., Большаков В.А. // Антропогенная деградация почвенного покрова и меры ее предупреждения: В 2 т. М., 1998. Т. 2. С. 116.
8. Добровольский В.В. // Почвоведение. 1999. № 5. С. 639.
9. Лукашев В.К., Окунь Л.В. Загрязнение тяжелыми металлами окружающей среды г. Минска. Мн., 1996.

Поступила в редакцию 30.05.2001.

Виталий Викторович Райский – социальный педагог Молодечненской белорусской гимназии.

Александр Александрович Карпиченко – младший научный сотрудник НИЛ экологии ландшафтов.

Ольга Владимировна Райская – студентка 5-го курса географического факультета.

Наталья Владимировна Гагина – кандидат географических наук, старший преподаватель кафедры географической экологии.