
МЕТОДОЛОГИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНО-ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ОБЪЕКТОВ ОЗЕЛЕНЕНИЯ И БЛАГОУСТРОЙСТВА МОСКВЫ*

В.И. Васнев^{1,2}, М.М. Фатиев¹, П.С. Лакеев²,
И.М. Мазиров², А.Е. Трубина², И.И. Васнев²,
Валентини Риккардо^{2,3}

¹Кафедра ландшафтной архитектуры и дизайна
Российский университет дружбы народов
ул. Миклухо-Маклая, 8/2, Москва, Россия, 117198

²Лаборатория агроэкологического мониторинга,
моделирования и прогнозирования экосистем
ул. Тимирязевская, 49, Москва, Россия, 127550

³Университет Тусция
Виа Дель Парадис, 47, Витербо, Италия, 73100

Роль городов в глобальной структуре землепользования постоянно растет. Сформированные в результате урбанизации экосистемы принципиально отличаются от естественных по условиям формирования, факторам воздействия и особенностям функционирования. Объекты озеленения и благоустройства играют ключевую роль в структуре городов, выполняя важнейшие экологические, декоративные и санитарно-эпидемиологические функции. Принятые на данный момент методики экологического контроля объектов благоустройства далеко не в полной мере отражают как многофункциональность урбоэкосистем, так и их уникальное пространственное разнообразие. В данной статье предлагается новый подход к функционально-экологическому мониторингу объектов озеленения и благоустройства г. Москвы, включающий не только статические, но и динамические показатели и позволяющий учесть их пространственное и профильное распределение. Методология была апробирована на шести представительных объектах в пределах Садового кольца, ЦАО г. Москвы. Было показано, что предлагаемый подход гораздо более информативен, чем традиционные, что позволяет оптимизировать принятие решений в области обеспечения экологического качества урбоэкосистем.

Ключевые слова: урбоэкосистемы, объекты озеленения и благоустройства, городские почвы, пространственное разнообразие, профильное распределение, динамические показатели, экологическое функционирование.

Введение. Урбанизация — глобальная и наиболее стремительная тенденция современного землепользования. В начале нового тысячелетия количество мирового населения, проживающего в городах, сравнялось с сельским и начало превышать его [21]. Несмотря на то, что на данный момент доля урбанизированных территорий на планете не превышает 3%, их вклад в глобальные биогеохимические процессы продолжает расти год от года [23; 20]. В наиболее урбанизированных регионах, таких как Москва и Московская область, земли поселений уже достигают 10% от общей площади, и их доля продолжает расти [7]. Так, например, расширение границ Новой Москвы может привести к интенсивной урбанизации на территории более чем 2500 км² [25]. Характерной чертой урбоэкосистем является их чрезвычайно высокое пространственное разнообразие, обусловленное различными комбинациями небольших по территории, но очень контрастных по ус-

* Работа выполнена при поддержке гранта Правительства РФ № 11.G34.31.0079.

ловиям функциональных зон [24], и динамичность, связанная с регулярными структурными изменениями городской среды.

Важную роль в структуре городов играют объекты озеленения и благоустройства. Именно они выполняют ключевые для населения функции: санитарно-защитные, эстетические, природорегулирующие и биосферные [5; 6; 16].

Санитарно-защитная функция урбэкоосистем включает защиту от пыли, шумоизоляцию, поглощение и накопление поллютантов, нефтепродуктов, фитопатогенов, представляющих риски для здоровья населения [4; 9]. Эстетическая функция подразумевает декоративный эффект зеленых насаждений, цветников и газонов. Фильтрация осадков, формирование микроклимата относятся к природорегулирующим функциям. Наконец к биосферным функциям относится роль урбэкоосистем в глобальных процессах, включая динамику биоразнообразия и изменение климата [1; 10].

На данный момент разработано и принято к использованию значительное количество нормативных документов на федеральном [14; 15] и региональном [12] уровнях, а также методических рекомендаций, санитарных правил и норм (СанПиН) и государственных стандартов (ГОСТ), регламентирующих экологический контроль объектов озеленения и благоустройства, и в частности их почвенного компонента. К сожалению, существующая нормативная база сконцентрирована в первую очередь на санитарно-защитной функции, уделяя явно недостаточное внимание остальным. К тому же принятая процедура контроля не позволяет оценить и адекватно интерпретировать пространственное, временное и профильное разнообразие свойств урбэкоосистем, и в частности городских почв. Основные недостатки существующих нормативов в области экологического контроля и нормирования можно обобщить в виде следующих пунктов.

1. Недостаточное количество точек обследования, определяемое либо по площадному принципу [11; 13], либо по категории использования [12], не принимая во внимание сложность участка и его структуру в соответствии с генеральным планом.

2. Анализ свойств только поверхностных горизонтов (0—20 см) или смешанной пробы из скважины (0—100 см) [13], не принимая во внимание характер профильного распределения.

3. Анализ исключительно статичных показателей (концентрации поллютантов, нефтепродуктов, элементов питания, реакция среды и др.) при игнорировании динамических показателей, связанных с потоками веществ.

4. Линейный характер мониторинга (один раз в 3—5 лет), не принимая во внимание нелинейный характер развития урбэкоосистем.

В рамках данной работы были разработаны принципы нового подхода к функционально-экологическому мониторингу объектов озеленения и благоустройства г. Москвы, позволяющих учесть и устранить указанные недостатки существующей методологии. Предлагаемый подход был апробирован на представительных объектах благоустройства г. Москвы для сравнительного анализа результатов, полученных с помощью предлагаемой и существующих методологий.

Объекты и методы исследования. В качестве объектов апробации предлагаемого подхода были выбраны участки в пределах Садового кольца Центрального

административного округа (ЦАО) г. Москвы. На территории округа расположены основные исторические объекты и объекты культурного наследия города, большое количество музеев, театров. Значительную часть занимают офисные и административные здания. В состав округа входит большое количество городских и районных парков, и скверов.

На данный момент основные промышленные мощности выведены за пределы ЦАО г. Москвы, и наиболее принципиальным источником антропогенной нагрузки является транспорт, в том числе Садовое кольцо. Объекты относятся к различному функциональному использованию: рекреационная зона, селитебная зона и зона у автозаправочной станции (АЗС) (табл. 1).

Таблица 1

Характеристика объектов исследования

№	Район	Адрес	Координаты	Функциональное использование
1	Таганский	Пересечение ул. Земляной вал и Сивякова переулок	55°44'57" N 37°29'27" E	Рекреационная зона (сквер)
2	Таганский	Пересечение ул. Земляной вал и Николаямской набережной	55°44'59" N 37°39'23" E	Зона у АЗС
3	Басманный	ул. Покровка, 47	55°45'51" N 37°39'19" E	Рекреационная зона (сквер у Центрального Дома предпринимателей)
4	Тверской	ул. Большая Садовая, д. 16	55°46'03" N 37°35'43" E	Рекреационная зона (Сад Аквариум)
5	Арбат	Новинский бульвар д. 13—15	55°45'03" N 37°35'24" E	Селитебная

На момент проведения полевых изысканий работы по озеленению и благоустройству были закончены. Растительность на объектах представлена преимущественно интродуцированными древесными видами (клен, дуб, липа) и декоративно-лиственными кустарниками (сирень, чубушник). Значительную часть занимают участки газона, как сеянного, так и рулонного. Фрагментарно представлены участки цветников и клумб. Средняя площадь запечатанных участков (мощение, дорожки) варьирует в пределах 10—15% от общей территории объектов. Все объекты, за исключением зоны у АЗС и северной части сквера на пересечении ул. Земляной вал и Сивякова переулка, имели ровный рельеф. Доминирующий тип грунта — антропогенно-насыпной, почвенный покров был представлен урбаноземами и реплантоземами. Гранулометрический состав отобранных проб варьировал от супеси до тяжелого суглинка как для различных точек в пространстве, так и по профилю.

Почвенные изыскания проводились в октябре 2013 г. Всего на пяти объектах мониторинга было заложено 49 точек обследования. Для каждой точки было проведено полевое изучение и описание почвенного профиля (мощность и состав горизонтов, наличие включений), определен цвет по шкале Мансела и гранулометрический состав по методике Захарова.

Выбор участков обуславливался характером почвенного покрова и доминирующей растительностью (газон, клумба, древесные посадки), а также структурой проводимых озеленительных работ в соответствии с генеральным планом. На каждой площадке бурением отбирали точечные пробы по слоям: 0—0,1 м;

0,1—0,2 м; 0,2—0,5 м и 0,5—1,0 м. В отобранных образцах были проанализированы реакция среды почвенного раствора ($pH_{КСЛ}$), содержание органического углерода (С орг. %) и элементов питания (N орг, P_2O_5 , K_2O) и содержание основных поллютантов (Cu, Pb, Zn, Cd, нефтепродукты и бензапирен).

Кислотность солевой вытяжки ($pH_{КСЛ}$) определяли потенциометрически. Содержание растворимого калия определяли на пламенном фотометре, подвижного фосфора — методом Кирсанова. Содержание органического углерода и азота определялось на элементоре сжиганием. Содержание нефтепродуктов и бензапирена определялось на жидкостном хроматографе. Определение концентрации кислоторастворимых форм тяжелых металлов проводилось методом инверсионной вольтамперометрии. На основании содержания тяжелых металлов был рассчитан суммарный индекс загрязнения [11].

В дополнении к почвенным исследованиям на территории изучаемых объектов проводился анализ эмиссии парниковых газов с поверхности почвы *in situ*. Эмиссия CO_2 определялась методом замкнутых экспозиционных камер с помощью инфракрасного газоанализатора Li-820 в модификации LAMP. Анализ эмиссии CH_4 и N_2O также проводилась методом закрытых экспозиционных камер (рис. 1).



1



2



3



4

Рис. 1. Измерение эмиссии парниковых газов ИК-газоанализатором Li-820 (1 и 2) и методом закрытых экспозиционных камер с газохроматографическим окончанием (3 и 4)

Пробы почвенного воздуха отбирались в пенициллиновые флаконы через 15 и 30 минут после изоляции воздуха под камерой. Концентрации CH_4 и N_2O в отобранных пробах почвенного воздуха определялись на газовом хроматографе, после чего потоки рассчитывались по уравнению идеального газа. На территории каждого объекта анализ эмиссии парниковых газов проводился в пятикратной повторности. Параллельно с анализом эмиссии определялись почвенная температура и влажность.

Результаты и обсуждение. *Влияние пространственного разнообразия на результаты экологического контроля.*

Для того, чтобы исследовать влияние пространственного разнообразия на результаты экологического контроля объектов озеленения и благоустройства, мы проанализировали суммарный индекс загрязнения верхнего (0—10 см) горизонта почв объекта «Сад Аквариум» (объект 4) на основании трех различных методик:

1) по ГОСТу 17.4.3.01-83 «Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб»;

2) в соответствии практикой отбора проб для экологического контроля в г. Москве и в соответствии с № 514-ПП «О повышении качества почвогрунтов в городе Москве»;

3) по предлагаемой методике.

При проведении исследований в соответствии ГОСТом количество проб определяется площадью объекта. Для территории парка (общая площадь < 1000 м²) должна отбираться одна смешанная проба. Полевые изыскания в соответствии с № 514-ПП подразумевают дифференциацию территории на газоны, цветники и участки под деревьями и кустарниками и отбор смешанной пробы для каждой из категорий. Наконец, по предлагаемой методике количество проб определяется структурой участка и генеральным планом.

Озеленяемая территория парка отличается высоким разнообразием и включает участки газона разного возраста, недавно посаженных декоративных деревьев и кустарников, фоновой растительности, ручья, а также различных типов мощения. В соответствии в генеральном плане в структуре участка было выделено 14 относительно гомогенных участков (рис. 2).

Средние значения концентраций Pb, Cu, Zn и Cd на участке составили соответственно 110 ± 29 , 72 ± 22 , 161 ± 47 и $0,81 \pm 0,36$ мг/кг. Расчетное значение индекса суммарного загрязнения $Z_i = 19,5$ соответствует умеренно опасной категории. Такой вывод об экологическом состоянии верхнего горизонта почв участка можно сделать, основываясь на методике 1. Опираясь на методику 2, можно получить дифференцированные результаты для газонов, цветников и участков под деревьями и кустарниками (табл. 2).

Такой подход показывает максимальный уровень загрязнения газонных участков, для которых Z_i был выше, чем для цветников и посадок на 3 единицы. В то же время грунт для всех трех категорий использования соответствует умеренно опасной категории, хотя для газонов полученный показатель выше, а для цветников и посадок — ниже, чем результаты, полученные методикой 1.

ные участки у входа и в дальнем углу сквера (точки 1, 3, 4 и 12; около 20% территории) относятся к категории чистых, в то время как участок газона у декоративного ручья (точка 11, около 10% территории), наоборот, опасно загрязнена (табл. 3, рис. 2).

Таблица 3

Оценка суммарного индекса загрязнения Z_c на основании предлагаемой методики

№	Мощность (см)	Участок	K_{Pb}	K_{Cu}	K_{Zn}	K_{Cd}	Z_i	Категория загрязнения
1	0—10	Газон	5,26	3,31	2,81	5,75	14,13	Допустимая
	10—20	Газон	8,53	4,87	4,34	7,00	21,74	Умеренно опасная
2	0—10	Газон	9,35	5,25	4,72	7,58	23,90	Умеренно опасная
	10—20	Газон	5,61	3,52	2,98	4,92	14,03	Допустимая
3	0—10	Газон	8,09	4,76	1,32	6,92	18,09	Допустимая
	10—20	Газон	6,31	3,84	3,30	5,42	15,87	Допустимая
4	0—10	Деревья и кустарники	4,83	3,87	2,45	4,00	12,15	Допустимая
	10—20	Деревья и кустарники	7,58	4,43	3,90	6,33	19,24	Умеренно опасная
5	0—10	Деревья и кустарники	7,52	4,41	3,87	6,25	19,05	Умеренно опасная
	10—20	Деревья и кустарники	6,43	3,89	3,36	5,50	16,18	Умеренно опасная
7	0—10	Деревья и кустарники	7,95	4,60	4,07	6,58	20,21	Умеренно опасная
	10—20	Деревья и кустарники	4,65	3,07	2,53	4,25	11,50	Допустимая
8	0—10	Деревья и кустарники	7,75	4,51	3,98	6,42	19,66	Умеренно опасная
9	0—10	Газон	8,49	4,85	4,32	6,92	21,59	Умеренно опасная
	10—20	Газон	6,57	4,00	2,26	1,00	10,83	Допустимая
10	0—10	Газон	4,49	3,05	2,46	4,08	11,08	Допустимая
	10—20	Газон	5,86	4,66	2,62	4,75	14,89	Допустимая
11	0—10	Газон	8,27	8,83	4,22	15,17	33,49	Опасная
	10—20	Газон	7,09	4,21	3,67	5,92	17,88	Умеренно опасная
12	10—20	Газон	4,55	4,69	0,98	4,33	11,56	Допустимая
13	0—10	Цветники	8,04	4,64	4,11	3,75	17,54	Умеренно опасная
	10—20	Цветники	4,95	3,21	2,67	4,42	12,25	Допустимая
14	0—10	Фон	9,05	5,11	4,58	7,33	23,08	Умеренно опасная
	10—20	Фон	6,23	3,81	3,27	5,33	15,64	Допустимая

Таким образом, предлагаемая методика позволила выявить опасно загрязненную территорию, которая была проигнорирована методиками 1 и 2. В то же время были выявлены чистые территории, которые другими методиками ошибочно относились к умеренно опасным. Принимая во внимание, что в зависимости от категории загрязнения предписанные меры варьируют от использования без ограничений до вывоза грунта, адекватная оценка пространственного разнообразия позволяет не только более точно оценить экологическое качество грунтов конкретных участков, но и оказывает влияние на рентабельность строительных и озеленительных работ.

Анализ профильного распределения для интерпретации результатов экологического контроля.

Характер профильного распределения отдельных веществ в городских почвах часто отличается от естественных. Так, если для большинства естественных почв

характерным является аккумулятивный профиль с максимальными концентрациями в верхних горизонтах, то для городских почв типичным является второй максимум накопления органических веществ и поллютантов в «культурных слоях» [8; 18; 24].

Большинство современных методик экологического контроля почв ориентируются либо исключительно на верхние горизонты (0—20 см), либо на средние результаты для скважин (0—100 см и глубже), не принимая во внимание профильное распределение. Для того, чтобы понять важность анализа профильного распределения при интерпретации результатов экологического контроля почв и грунтов, мы сопоставили результаты обследования придомовой территории (объект 5) на основании ГОСТа 17.4.3.01-83 «Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб» и № 514-ПП «О повышении качества почвогрунтов в городе Москве» (методика 1) и предлагаемой методике (методика 2).

На участке основу составляют газонные территории, поэтому в соответствии с методикой 1 была отобрана одна смешанная проба с глубины 0—20 см. В отобранной пробе были проанализированы содержание органического вещества (%), а также Cu (мг/кг). Было выявлено, что среднее содержание органического вещества 2,76% ниже требований ПП-514, в то время как концентрация Cu выше ПДК, но ниже ОДК (III) (слабощелочная реакция среды, суглинистый гранулометрический состав) и требованиям ПП-514 соответствует.

Предлагаемая нами методика подразумевает анализ профильного распределения изучаемых показателей, для чего пробы отбирались послойно (0—10, 10—20, 20—50 и 50—100 см). По результатам методики 2 было, в частности, показано, что хотя содержание органического вещества и ниже требований ПП-514, но оно значимо выше, чем в нижележащих горизонтах, что позволяет сделать вывод о благоприятном воздействии озеленительных работ на исходные почвы. С другой стороны, было показано, что максимум Cu содержится не в верхнем (0—10 см), а в нижележащем (10—20 см) слое, при этом концентрация в нижележащих горизонтах убывает очень постепенно, что свидетельствует об активной миграции поллютанта по профилю и значительных общих запасах поллютантов в почве (рис. 3).

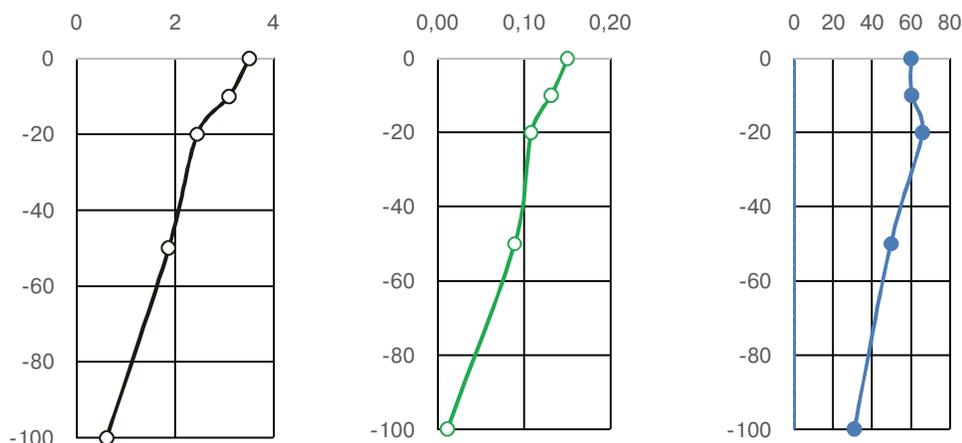


Рис. 3. Профильное распределение органического углерода (1), азота (2) и меди (3) в почвах объекта № 5

Анализ динамических показателей при экологическом контроле городских почв.

Современные методики экологического контроля и нормирования основаны на статических показателях, что, возможно, достаточно удобно для применения, но слабо отражает реальное функционирование систем. Для того, чтобы лучше понять важность применения динамических показателей в практике экологического контроля почв, мы проанализировали статический показатель — запас органического вещества в слое 0—10 см почв зоны у АЗС сначала отдельно, а потом с учетом динамического показателя — эмиссии CO_2 in situ. Среднее содержание органического углерода составило 3,1%, что для слоя 0—10 см и расчетной плотности $1,1 \text{ г/см}^3$ позволяет предположить запас $3,4 \text{ кг/м}^2$. Такой результат свидетельствует о высоком запасе органического вещества, в частности, превышающем запасы в фоновых почвах [19], что соответствует опубликованным результатам для Москвы и ряда других крупных городов [22; 23].

С другой стороны, средняя эмиссия CO_2 для почв объекта составила $19,6 \text{ мг м}^{-2}\text{день}^{-1}$. Это также более высокие показатели эмиссии, чем для фоновых почв [19], что также характерно для почв урбэко систем [17].

С учетом изученной эмиссии запасов органического вещества в слое 0—10 см почв участка у АЗС может хватить менее, чем на полгода (173 дня). Безусловно, для объективной оценки необходимо принимать во внимание и поток углерода из атмосферы в почву через фотосинтезирующий газон. Однако, с учетом регулярных укосов биомассы, вклад фотосинтеза может быть не так значителен и быстрая деградация запасов органического вещества в верхних горизонтах участка весьма вероятна.

Важность периодичности мониторинга для экологической устойчивости объектов озеленения и благоустройства г. Москвы

Принимая во внимание высокую динамичность урбэко систем и, в частности, объектов озеленения и благоустройства, показанную выше, мониторинг становится ключевым компонентом экологического менеджмента.

Мониторинг экологического состояния подразумевает наблюдения за параметрами почвогрунтов через определенные промежутки времени. В Москве частота мониторинга составляет 1 год для стационарных точек обследования и 3—5 лет для объектов с предполагаемой повышенной антропогенной нагрузкой [26]. Такая периодичность мониторинга подразумевает равномерный характер динамики урбэко систем, что не вполне соответствует ситуации с объектами озеленения и благоустройства, и в особенности их почвенным компонентам в первые месяцы после создания.

Основанные на торфе органомные субстраты, которые, как правило, используются в городском озеленении, характеризуются очень низкой устойчивостью. Попадая в автоморфные условия, органическое вещество торфяных компонентов субстратов начинает быстро минерализовывать и мигрировать по профилю. Так,

на модельных экспериментах было показано сокращение содержания органического вещества на 30—40% уже через 3—5 месяцев после создания [1].

Таким образом, существующая периодичность мониторинга не позволит отследить стремительных изменений почвогрунтов в первые месяцы после и создания и предотвратить деградацию. Необходим дифференцированный подход к экологическому мониторингу почвогрунтов, принимающий во внимание нелинейный характер их развития и имеющий большую периодичность (один раз в 2—3 месяца) на ранних стадиях развития (первый год) и более редкие обследования (один раз в 1—2 года) на более поздних этапах (старше трех лет). Это позволит вовремя диагностировать резкие изменения качества городских почв и принять оптимизационные меры для предотвращения деградации.

Заключение.

Экологическое качество объектов озеленения и благоустройства — залог их устойчивого функционирования. Практика экологического контроля должна четко отражать параметры экологического качества компонентов урбоэкосистем, принимать во внимание особенности их пространственного и профильного распределения и временной динамики. Для реализации этих принципов необходима оптимизация существующих методов контроля и пробоотбора, включающая следующие меры:

1) количество точек пробоотбора должно определяться не только площадью, но и структурой территории, при этом с каждого относительно гомогенного участка необходимо отбирать не менее одной пробы;

2) необходимо принимать во внимание характер профильного распределения элементов питания и поллютантов, опираясь не только на данные по концентрациями, но и на расчет запасов;

3) в практике экологического контроля целесообразно использовать не только статические, но и динамические показатели, в частности характеристики потоков;

4) принимая во внимание нелинейный характер развития урбоэкосистем, целесообразно варьировать периодичность экологического мониторинга в зависимости от стадии развития экосистемы с ежемесячными наблюдениями в первые полгода после создания и ежегодными — в дальнейшем.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] *Васенев В.И.* Анализ микробного дыхания и углеродных пулов для функционально-экологической оценки конструкторских объектов Москвы и Московской области: Автореф. ... к.б.н., 2011.
- [2] *Васенев В.И., Прокофьева Т.В., Макаров О.А.* Разработка подхода к оценке запасов почвенного органического углерода мегаполиса и малого населенного пункта // Почвоведение. — 2013. — № 6. — С. 1—12.
- [3] *Визирская М.М., Васенев В.И., Етихина А.С., Мазиров И.М., Васенев И.И., Валентини Р.* Инновационные методы мониторинга парниковых газов представительных ландшафтов мегаполиса // Вестник РУДН. Серия «Агрономия и животноводство». — 2012. — № 5.

- [4] Денисов В.В., Курбатова А.С., Денисова И.А., Бондаренко В.Л., Грачев В.А., Гутенев В.В., Нагнибеда Б.А. Экология города. — М.: Ростов н/Д, 2008.
- [5] Добровольский Г.В., Никитин Е.Д. Сохранение почв как незаменимого компонента биосферы. — М.: Наука, МАИК «НАУКА/ИНТЕРПЕРИОДИКА», 2000.
- [6] Добровольский Г.В., Никитин Е.Д. Функции почв в биосфере и экосистемах. — М., 1990.
- [7] Доклад о состоянии окружающей среды в Москве в 2007 году / Под ред. Л.А. Бочина. — М., 2008.
- [8] Долгих А.В., Александровский А.Л. Почвы и культурный слой Великого Новгорода // Почвоведение. — 2010. — № 5. — С. 515—526.
- [9] Курбатова А.С., Башкин В.Н., Баранникова Ю.А., Герасимова С.Г., Никифорова Е.В., Реиштина Е.В., Савельева В.А., Савин Д.С., Смагин А.В., Степанов А.Л. Экологические функции городских почв. — М.; Смоленск: Маджента, 2004.
- [10] Макаров О.А. Как проводить обследование земельного участка. — Смоленск: Изд-во Ойкумена, 2005.
- [11] МУ 2.1.7.730-99 «Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест».
- [12] Постановления Правительства Москвы от 27 июля 2004 г. № 514-ПП «Об утверждении методических рекомендаций и требований по производству компостов и почвогрунтов, используемых в городе Москве» (в ред. постановлений Правительства Москвы от 09.08.2005 № 594-ПП, от 27.11.2007 № 1018-ПП, от 08.09.2009 № 973-ПП, от 08.12.2009 № 1340-ПП, от 09.02.2010 № 110-ПП, от 25.10.2011 № 507-ПП).
- [13] СП 47.13330.2012 «Инженерно-экологические изыскания для строительства. Основные положения. Актуализированная редакция», СанПиН 2.1.7.1287-03 «Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы».
- [14] Федеральный закон от 25.10.2001 № 136-ФЗ «Земельный кодекс Российской Федерации».
- [15] Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды».
- [16] Blum W.E.H. Functions of soil for society and environment // Reviews in Environmental Science and Bio/Technology. — 2005. — V. 4. — P. 75—79.
- [17] Kaye J.P., McCulley R.L., Burkes I.C. Carbon fluxes, nitrogen cycling, and soil microbial communities in adjacent urban, native and agricultural ecosystems // Global Change Biology. — 2005. — V. 11. — P. 575—587.
- [18] Lorenz K., Lal R. Biogeochemical C and N cycles in urban soils // Environ. Int. 2009. 35, 1—8.
- [19] Nilsson S., Shvidenko A., Stolbovoi V. et al. Full carbon account for Russia. Laxenburg, 2000.
- [20] Pickett S.T.A., Cadenasso M.L., Grove J.M., Boone C.G., Groffman P.M., Irwin E., Kaushal S.S., Marshall V., McGrath B.P., Nilon C.H., Pouyat R.V., Szlavecz K., Troy A., Warren P. Urban ecological systems: scientific foundations and a decade of progress // Journal of Environmental Management. 2011. 92, 331—362.
- [21] Population Reference Bureau. Patterns of world urbanization. Human Population: Fundamentals of Growth Population Reference Bureau, Washington, DC. 2005.
- [22] Poyat R.V., Yesilonis I.D., Nowak D.J., Carbon storage by urban soils in the United States // Environ. Qual. — 2006. 35, 566—75.
- [23] Seto K.C., Fragkias M., Güneralp B., Reilly M.K. A meta-analysis of global urban land expansion. PLoS One. 2011. 6, e23777.
- [24] Vasenev V.I., Stoorvogel J.J., Vasenev I.I. Urban soil organic carbon and its spatial heterogeneity in comparison with natural and agricultural areas in Moscow region. Catena. 107. 96—102.
- [25] URL: <http://newmos.info>.
- [26] URL: <http://www.mosecom.ru/about/mosecom>.

METHODOLOGY OF FUNCTIONAL-ECOLOGICAL MONITORING OF OBJECTS AND LANDSCAPING OF MOSCOW

V.I. Vasenev^{1,2}, M.M. Fatiev¹, P.S. Lakeev²,
I.M. Mazirov², I.I. Vasenev², A.E. Trubina²,
Valentini Ricardo^{2,3}

¹Department of landscape architecture and design
Russian People's Friendship University
Miklukho-Maklaya str., 8/2, Moscow, Russia, 117198

²Laboratory of agroecological monitoring,
modeling and prediction of ecosystems
Timiryazevskaya str., 49, Moscow, Russia, 127550

³Tuscia University
47, Via del Paradise, Viterbo, Italy, 73100

The role of urban areas in the global land-use structure is permanently growing. Urban ecosystems differ principally from natural ones in formation conditions, driving factors and functioning. Green areas play a key role in city structure, performing important environmental, ornamental and health functions. The methodology widely accepted so far for the environmental control of urban green zones is not able to consider multiple functions of urban areas as well as their unique spatial variability. Herewith we propose a new approach for functional-environmental monitoring of urban green zones in Moscow city, including not only static, but also dynamic parameters and considering their spatial variability and profile distribution. The proposed approach was tested for the case of six green areas within the Sadovoe Ring, Central administrative district of the Moscow city. It was demonstrated that the proposed methodology was much more informative than conventional ones and also better support taking optimal decisions in the sphere of maintaining environmental quality of urban ecosystems.

Key words: urban ecosystems, green areas, urban soils, spatial variability, profile distribution, dynamic parameters, environmental functioning.

REFERENCES

- [1] *Vasenev V.I.* Analiz mikrobnogo dyhaniya i uglerodnyh pulov dlja funkcional'no-jekologicheskoj ocenki konstruktozemov Moskvy i Moskovskoj oblasti: Avtoref. ... k.b.n., 2011.
- [2] *Vasenev V.I., Prokofjeva T.V., Makarov O.A.* Razrabotka podhoda k ocenke zapasov pochvenno-organicheskogo ugleroda megapolisa i malogo naseleennogo punkta // *Pochvovedenie*. — 2013. — № 6. — С. 1—12.
- [3] *Vizirskaja M.M., Vasenev V.I., Epihina A.S., Mazirov I.M., Vasenev I.I., Valentini R.* Innovacionnye metody monitoringa parnikovyh gazov predstavitel'nyh landshaftov megapolisa // *Vestnik RUDN. Serija «Agronomija i zhivotnovodstvo»*. — 2012. — № 5.
- [4] *Denisov V.V., Kurbatova A.S., Denisova I.A., Bondarenko V.L., Grachev V.A., Gutenev V.V., Nagnibeda B.A.* Jekologija goroda. — M.: Rostov n/D, 2008.
- [5] *Dobrovol'skij G.V., Nikitin E.D.* Sohranenie pochv kak nezamenimogo komponenta biosfery. — M.: Nauka, MAIK «NAUKA/INTERPERIODIKA», 2000.
- [6] *Dobrovol'skij G.V., Nikitin E.D.* Funkcii pochv v biosfere i jekosistemah. — M., 1990.
- [7] *Doklad o sostojanii okruzhajushhej sredy v Moskve v 2007 godu / Pod red. L.A. Bochina*. — M., 2008.
- [8] *Dolgih A.V., Aleksandrovskij A.L.* Pochvy i kul'turnyj sloj Velikogo Novgoroda // *Pochvovedenie*. — 2010. — № 5. — С. 515—526.

- [9] *Kurbatova A.S., Bashkin V.N., Barannikova Ju.A., Gerasimova S.G., Nikiforova E.V., Reshetina E.V., Savel'eva V.A., Savin D.S., Smagin A.V., Stepanov A.L.* Jekologicheskie funkicii gorodskih pochv. — M.; Smolensk: Madzhenta, 2004.
- [10] *Makarov O.A.* Kak provodit' obsledovanie zemel'nogo uchastka. — Smolensk: Izd-vo Ojku-mena, 2005.
- [11] MU 2.1.7.730-99 «Gigienicheskaja ocenka kachestva pochvy naselennyh mest».
- [12] Postanovlenija pravitel'stva Moskvy ot 27 ijulja 2004 g N 514-PP «Ob utverzhdenii metodicheskikh rekomendacij i trebovanij po proizvodstvu kompostov i pochvogrunтов, ispol'zuyemyh v gorode Moskve» (v red. postanovlenij Pravitel'stva Moskvy ot 09.08.2005 N 594-PP, ot 27.11.2007 N 1018-PP, ot 08.09.2009 N 973-PP, ot 08.12.2009 N 1340-PP, ot 09.02.2010 N 110-PP, ot 25.10.2011 N 507-PP).
- [13] SP 47.13330.2012 «Inzhenerno-jekologicheskie izyskanija dlja stroitel'stva. Osnovnye polo-zhenija. Aktualizirovannaja redakcija», SanPiN 2.1.7.1287-03 «Sanitarno-jepidemiologicheskie trebovanija k kachestvu pochvy».
- [14] Federal'nyj zakon ot 25.10.2001 № 136-FZ «Zemel'nyj kodeks Rossijskoj Federacii».
- [15] Federal'nyj zakon ot 10.01.2002 № 7-FZ «Ob ohrane okruzhajushhej sredy».
- [16] *Blum W.E.H.* Functions of soil for society and environment // Reviews in Environmental Science and Bio/Technology. — 2005. — V. 4. — P. 75—79.
- [17] *Kaye J.P., McCulley R.L., Burkez I.C.* Carbon fluxes, nitrogen cycling, and soil microbial communities in adjacent urban, native and agricultural ecosystems // Global Change Biology. — 2005. — V. 11. — P. 575—587.
- [18] *Lorenz K., Lal R.* Biogeochemical C and N cycles in urban soils // Environ. Int. 2009. 35, 1—8.
- [19] *Nilsson S., Shvidenko A., Stolbovoi V. et al.* Full carbon account for Russia. Laxenburg, 2000.
- [20] *Pickett S.T.A., Cadenasso M.L., Grove J.M., Boone C.G., Groffman P.M., Irwin E., Kaushal S.S., Marshall V., McGrath B.P., Nilon C.H., Pouyat R.V., Szlavecz K., Troy A., Warren P.* Urban ecological systems: scientific foundations and a decade of progress // Journal of Environmental Management. 2011. 92, 331—362.
- [21] Population Reference Bureau. Patterns of world urbanization. Human Population: Fundamentals of Growth Population Reference Bureau, Washington, DC. 2005.
- [22] *Poyat R.V., Yesilonis I.D., Nowak D.J.* Carbon storage by urban soils in the United States // Environ. Qual. 2006. — 35, 566—75.
- [23] *Seto K.C., Fragkias M., Güneralp B., Reilly M.K.* A meta-analysis of global urban land expansion. PLoS One 2011. 6, e23777.
- [24] *Vasenev V.I., Stoorvogel J.J., Vasenev I.I.* Urban soil organic carbon and its spatial heterogeneity in comparison with natural and agricultural areas in Moscow region. Catena. 107. 96—102.
- [25] URL: <http://newmos.info>.
- [26] URL: <http://www.mosecom.ru/about/mosecom>.