

УДК 504.53.630.1

И. И. Васнев, Т. В. Раскатова

**ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ
ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ФОНОВОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО
МОНИТОРИНГА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ
ПОЧВ ЛЕСНОЙ ОПЫТНОЙ ДАЧИ РГАУ-МСХА**

Представлены результаты комплексного фонового экологического мониторинга лесных дерново-подзолистых почв на особо охраняемой природной территории в пределах мегаполиса Москвы. Установлены закономерности пространственной изменчивости функционирования почв по основным элементам мезорельефа и их временной изменчивости в течение периодов вегетации двух контрастных лет.

Ключевые слова: экологический мониторинг, почвы, лесные насаждения, пространственное распределение.

Введение. Процессы антропогенной деградации окружающей среды наиболее интенсивно проявляются в урбанизированных районах [1–5]. Для защиты и рационального использования окружающей среды выделяются особо охраняемые природные территории (ООПТ), формирующие экологический каркас устойчивого развития природно-техногенного ландшафта [6, 7]. Крупнейший в Восточной Европе мегаполис Москва располагает целым рядом лесных ООПТ, выполняющих функции «легких столицы». Одним из наиболее интересных из них является Лесная опытная дача РГАУ-МСХА (ЛОД), имеющая большое природоохранное значение и длительную историю исследований ряда антропогенно измененных экосистем [8–14].

Почвенно-экологический мониторинг подразумевает системные наблюдения за состоянием почв с оценкой и прогнозом их пространственно-временных изменений [15–20]. Обязательным элементом городского и регионального почвенно-экологического мониторинга является базовый мониторинг ООПТ, как контрольных объектов для соответствующей территории. При этом особое внимание должно уделяться фоновой пространственной изменчивости почв, которая имеет важное значение для обоснованной интерпретации результатов мониторинга.

Цель данной работы состояла в проведении комплексных мониторинговых исследований дерново-подзолистых почв ЛОД с выявлением закономерностей пространственной изменчивости и временных изменений основных функциональных групп диагностических параметров мониторинга.

Объекты и методы исследований. ЛОД занимает юго-западную часть землепользования РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева в Северном округе Москвы. По исходным природным условиям она входит в южную подзону смешанных хвойно-широколиственных лесов. Территория сложена четвертичными отложениями, с подстиланием юрскими глинами мощностью 20–22 м. Моренный суглинок двучленного строения является основной почвообразующей породой. В понижениях отмечаются флювиогляциальные отложения, локально – маломощный покровный суглинок. Площадь Дачи имеет вид вытянутого с северо-запада на юго-восток многоугольника максимальной длиной 2,8 км и шириной 1,6 км.

Центральную часть ЛОД занимает плоский водораздельный холм, морфология его склонов крутизной 2–3° меняется в зависимости от экспозиции: северный, восточный и северо-западный склоны прямолинейные, южный склон имеет слабовогнутую форму, осложненную ложбинами, понижениями и западинами [11, 12]. Преобладающими почвами на территории ЛОД являются дерново-подзолистые, различающиеся по выраженности дернового, подзолистого и глеевого процессов, гранулометрическому составу почв и почвообразующих пород [13, 14].

В основе наших полевых наблюдений лежит исследование представительных ключевых участков (КЛУ). При их выборе мы опирались на ранее заложенную трансекту [13] почвенно-экологических исследований – КЛУ № 1,2,3. В продолжении трансекты нами были заложены КЛУ № 4 и 5 на противоположном (юго-западном) склоне моренного холма (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

Экологическая характеристика ключевых участков исследований

Параметр	Ключевой участок (КЛУ)				
	1	2	3	4	5
Рельеф	Подшва прямого короткого слабопокато-го склона СВ экспозиции	Средняя часть прямого короткого слабопокато-го склона СВ экспозиции	Вершина моренного холма	Средняя часть пологого слабоогнутого склона повышенной длины ЮЗ экспозиции	Подшва пологого слабоогнутого склона повышенной длины ЮЗ экспозиции
Литология	Моренный суглинок		Покровный суглинок на морене	Флювиогляциальные отложения	
Почвы	тип	подзолистые			
	подтип	дерново-подзолистые		дерново-подзолистые поверхностно-оглеенные	
Тип леса	Сосняк будро-щитовниковый	Липняк сложный осоково-щитовниковый	Дубняк с липой сложный будро-копытеневый	Сосняк разнотравно-осоковый	Сосняк щитовниково-осоковый

КЛУ закладывались размером 40x40 м², где изучался фитоценоз и почвенный покров. В центре участка закладывались опорные разрезы, проводились морфогенетические описания и режимные наблюдения, отбирались образцы для анализа в лаборатории. Для определения пространственной изменчивости актуальных свойств почв закладывались прикопки. Полевое описание и определение почв проводилось по общепринятым методикам [21] и классификации [22].

Почвенные режимы исследовались путем ежемесячных наблюдений в вегетационных зонах 2006 года (24.IV; 23.V; 27.VI; 25.VII; 28.VIII; 10.X) и 2007 года (31.V; 27.VI; 27.VII; 28.VIII; 25.IX). Общая схема полевых режимных наблюдений включала определение температуры почвы вытяжными термометрами, влажности почвы – термостатно-весовым методом, плотности сложения почвы – буровым методом Качинского [23]. В лаборатории определяли содержание общего углерода по Тюрину, актуальную и обменную кислотности потенциометрически, гидролитическую кислотность по методу Каппена рН-метрически, суммы обменных оснований методом Каппена-Гильковица, содержание подвижных форм фосфора определяли фотоколориметрическим методом с аскорбиновой кислотой, калия – на пламенном фотометре [24]. Исследования биологической активности почв включали ежемесячное определение целлюлозолитической активности (ЦЛА) и «дыхания» почвы. Изучение ЦЛА проводилось аппликационным методом. Срок экспозиции хлопчатобумажной ткани в почвах составил один месяц. «Дыхание» почвы исследовалось адсорбционным методом в модификации Карпачевского [25]. Для систематизации результатов мониторинга ЛОД все основные диагностические параметры (ОДП) были разбиты на четыре группы разной периодичности наблюдений: а) базовые – абсолютно или условно стабильные на период наблюдений; б) относительно стабильные – как правило, могут существенно изменяться за 5–10 лет; в) динамичные – существенно меняются от года к году; г) режимные – высоко динамичны в течение одного года (рис. 1)

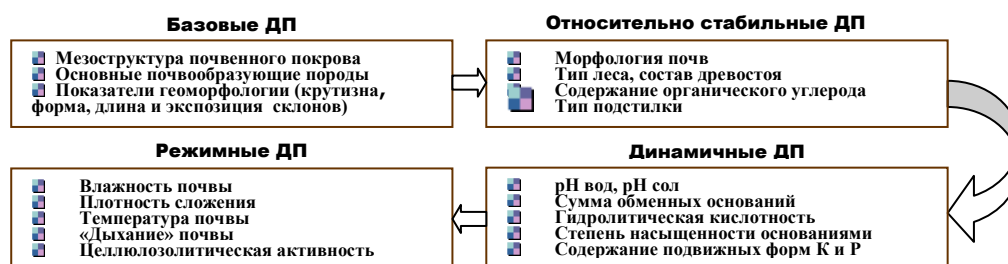


Рис. 1. Блок-схема диагностических параметров (ДП) мониторинга ЛОД

Результаты исследований

1. Анализ базовых параметров почвенно-экологического мониторинга. Мониторинговые наблюдения проводились на трансекте, узловым элементом которой является КЛУ №3, расположенный на выположенной вершине моренного холма (табл. 2).

КЛУ №2 и 1 заложены на сравнительно прямом слабопокатоном коротком склоне моренного холма северо-восточной (СВ) экспозиции. КЛУ №2 заложен в средней части склона крутизной около 3°, КЛУ №1 находится на его подошве, которая переходит во флювиогляциальную террасу. КЛУ №4 и 5 заложены на противоположном пологом склоне повышенной длины юго-западной (ЮЗ) экспозиции: в средней части склона слабовогнутой формы и на его подошве.

Согласно «Классификации и диагностики почв СССР» [25], почвы прямого короткого слабопокатоного склона СВ экспозиции и водораздельной части моренного холма относятся к подтипу дерново-подзолистых почв типа подзолистых почв. Почвы пологого слабовогнутого склона повышенной длины ЮЗ экспозиции – к подтипу дерново-подзолистых поверхностно-оглеенных почв типа подзолистых почв (табл. 2).

Т а б л и ц а 2

Почвенно-геоморфологическая характеристика ключевых участков

КЛУ	Рельеф	Название (подтип и тип) и морфогенетическое строение профиля почвы
1	подошва прямого короткого слабопокатоного СВ склона	Среднедерновая глубокоподзолистая поверхностно-слабоглееватая легкосуглинистая почва (подтип дерново-подзолистых почв типа подзолистых почв): $O_{+2}-A1_6-A1A2_{15}^{**}-A2'_{(g)25}-A2''_{34}-A2'''_{42}-II^{***}A2B_{55}-B_{80}-BC_{120\downarrow}$
2	средняя часть прямого короткого слабопокатоного СВ склона	Среднедерновая глубокоподзолистая легкосуглинистая почва (подтип дерново-подзолистых почв типа подзолистых почв): $O_{+2}-A1_4-A1A2_{15}-A2'_{31}-A2''_{41}-IIA2B_{50}-B1_{(t)(g)86}-B2_{120\downarrow}$
3	вершина моренного холма	Среднедерновая глубокоподзолистая легкосуглинистая почва (подтип дерново-подзолистых почв типа подзолистых почв): $O_{+2}-A1_4-A1A2_{10}-A2'_{(f)30}-A2''_{(f)44}-IIA2'''_{(f)51}-A2B_{62}-B1_{90}-B2_{(t)120\downarrow}$
4	средняя часть пологого слабовогнутого ЮЗ склона повышенной длины	Слабодерновая глубокоподзолистая поверхностно-оглеенная легкосуглинистая почва (подтип дерново-подзолистых поверхностно-оглеенных почв типа подзолистых почв): $O^T_{+4.5}-A1_6-A2A1_{h(g)28}-A2''_{g41}-IIA2'''_{(g)50}-A2B_{(g)58}-B1_{(t)g92}-B2_{(t)120\downarrow}$
5	подошва пологого слабовогнутого ЮЗ склона повышенной длины	Слабодерновая глубокоподзолистая поверхностно-оглеенная легкосуглинистая почва (подтип дерново-подзолистых поверхностно-оглеенных почв типа подзолистых почв): $O^T_{+3.4}-A1_4-A1A2_{h10}-A2_{g27}-A2''_{g36}-IIA2B_{(g)47}-B1_{(t)g80}-B2_{(t)(g)120\downarrow}$

** глубина нижней границы горизонтов минеральной части профиля,

*** начало второго литологического наноса в пределах единого почвенного профиля.

Важно отметить доминирующую роль в мезоструктуре почвенного покрова формы, крутизны и длины склонов. Более влажным и «холодным» оказался пологий слабовогнутый склон повышенной длины, занятый дерново-подзолистыми поверхностно-оглеенными почвами, несмотря на его наиболее «теплую» юго-западную экспозицию. По всей видимости, именно условия поверхностной дренированности определяют структуру почвенного покрова в условиях характерного для ЛОД слабовыраженного мезорельефа.

2. Анализ относительно стабильных параметров мониторинга. Исследованные дерново-подзолистые почвы характеризуются значительным разнообразием.

На вершине моренного холма развит наиболее полно выраженный профиль дерново-палево-подзолистой почвы с маломощной подстилкой модер, хорошо развитым зернисто-комковатым гумусово-аккумулятивным горизонтом и хорошо выраженным элювиально-аккумулятивным горизонтом A1A2 плитчато-комковатой структуры. Подзолистые горизонты, как правило, структурированы на 2-3 подгоризонта: $A2'(f)-A2''(f)c-A2'''(f)g$ (рис. 2). Верхний подгоризонт является наиболее выраженным, в среднем подгоризонте отмечаются слабые признаки контактного оглеения и многочисленные железистые конкреции, нижний подгоризонт оглеен. Почвы СВ склона характеризуются маломощными лесными подстилками типа модер, хуже выраженными гумусово-аккумулятивным и элювиально-аккумулятивным горизонтами (большее

количество присыпки), в нижней части формируется глееватый подзолистый горизонт. С условиями увлажнения и характером дерново-подзолистого субпрофиля хорошо согласуется состав и структура лесного фитоценоза (табл. 3).

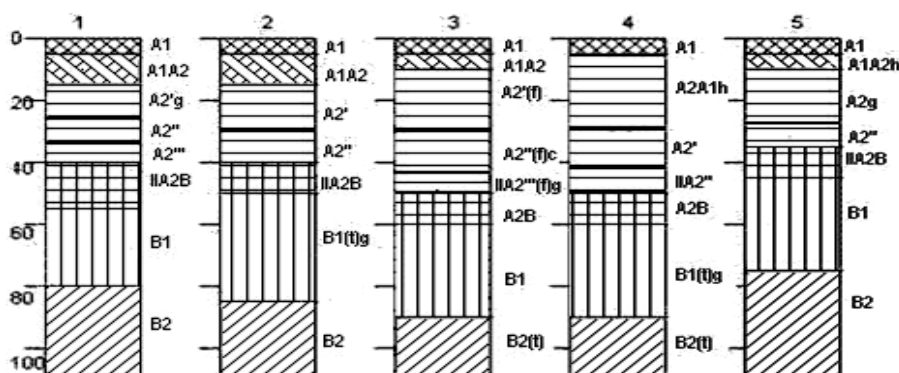


Рис. 2. Схема морфогенетического строения почв 5 ключевых участков ЛОД

Древостои на водоразделе и в средней части СВ склона с наиболее полно выраженными гумусово-аккумулятивными горизонтами характеризуются преобладанием широколиственных пород (дуб, липа, клен), проективным покрытием 45–55% преимущественно неморального травостоя и обильным широколиственным подростом.

Почвы более влажного ЮЗ склона относятся к подтипу дерново-подзолистых поверхностно-оглеенных почв. Эти почвы характеризуются мощными оторфованными подстилки типа мор, гумусово-аккумулятивный и эллювиально-аккумулятивный горизонты приобретают признаки оглеения и потечно-гумусовых морфонов. В нижней части ЮЗ склона подзолистый горизонт становится глееватым. Соответственно почвам, здесь преобладают частично угнетенные сосняки с широким распространением мертвопокровных и осоковых парцелл, пониженным проективным покрытием неморально-бореального травостоя (30–40%), пониженным и редким участием в подросте широколиственных пород.

Таблица 3

Характеристика лесонасаждений ключевых участков

№ КЛУ - рельеф	Краткая характеристика и тип лесонасаждений
1 – подошва прямого короткого слабопокатого СВ склона	Смешанное сложное по форме насаждение с преобладанием в I ярусе сосны и липы, во II – липы и березы; подлесок представлен рябиной, черемухой, бересклетом и лещиной, отмечается значительный подрост липы; проективное покрытие травостоя 50%, растительная ассоциация будро-щитовниковая. <i>Тип леса: Сосняк будро-щитовниковый</i>
2 – средняя часть прямого короткого слабопокатого СВ склона	Лиственное сложное по форме насаждение с преобладанием кленово-липовых древостоев в I ярусе (при участие сосны), клена, липы и вяза во II ярусе; подлесок представлен черемухой, рябиной, жимолостью и лещиной, отмечается значительный подрост клена, вяза и липы; проективное покрытие травостоя 45-50%, растительная ассоциация осоко-щитовниковая. <i>Тип леса: Липняк сложный осоково-щитовниковый</i>
3 – вершина моренного холма	Лиственное сложное по форме насаждение с преобладанием в I ярусе дубово-липовых древостоев при участие сосны, во II ярусе – клена и липы; подлесок представлен рябиной и каштаном, отмечается обильный подрост клена и липы; проективное покрытие травостоя 50-55%; растительная ассоциация будро-копытеневая. <i>Тип леса: Дубняк с липой сложный будро-копытеневый</i>
4 – средняя часть пологого слабоогнутого ЮЗ склона повышенной длины	Смешанное сложное по форме насаждение с преобладанием в I ярусе сосны и березы, во II – липы и вяза; подлесок представлен черемухой, рябиной, свидиной и лещиной, отмечается значительный подрост липы и березы; проективное покрытие травостоя 40%; растительная ассоциация разнотравно-осоковая. <i>Тип леса: Сосняк разнотравно-осоковый</i>
5 – подошва пологого слабоогнутого ЮЗ склона повышенной длины	Смешанное сложное по форме насаждение с преобладанием в I ярусе сосны, во II ярусе – вяза и клена; подлесок представлен черемухой, рябиной, свидиной и лещиной, отмечается незначительный подрост липы; проективное покрытие травостоя 30%, растительная ассоциация щитовниково-осоковая. <i>Тип леса: Сосняк щитовниково-осоковый</i>

Важно подчеркнуть наличие достоверных различий в содержании органического вещества в почвах участков, которые прослеживаются до горизонта A2 (табл. 4). В почвах исследуемой

трансекты наблюдается закономерное возрастание содержания органического вещества (перегнойного типа) при движении от вершины вниз по пологому слабовогнутому склону ЮЗ экспозиции с дерново-подзолистыми поверхностно-оглеенными почвами (2,81→4,76→7,52).

Почвы на СВ склоне характеризуются существенно более низким содержанием органического С (2,81→1,28→1,45). Мы связываем данный факт с различием в составе фитоценоза.

Таблица 4

Химические показатели дерново-подзолистых почв ЛОД (n=5)

Горизонт	Глубина образца, см	С орг, %		P ₂ O ₅		K ₂ O	
		М	σ	по Кирсанову, мг/ кг почвы			
				М	σ	М	σ
Среднедерновая глубокоподзолистая поверхностно-слабоглееватая почва (КлУ 1)							
A1	0-6	1,45	0,74	20	0,63	93	0,56
A1A2	6-15	1,28	0,66	12	0,17	82	0,60
A2 ^г	30-40	0,25	0,13	11	0,14	61	0,21
A2B	45-55	0,32	0,16	5	0,56	69	0,58
B	70-80	0,26	0,13	4	0,26	76	0,40
Среднедерновая глубокоподзолистая легкосуглинистая почва (КлУ 2)							
A1	0-4	1,28	0,66	29	0,17	80	0,90
A1A2	4-15	0,51	0,35	13	0,22	62	0,54
A2 ^г	30-40	0,27	0,14	11	0,68	52	0,47
A2B	40-50	0,20	0,10	5	0,36	58	0,41
B1(t)(g)	70-80	0,19	0,15	4	0,14	64	0,26
Среднедерновая глубокоподзолистая легкосуглинистая почва (КлУ 3)							
A1	0-4	2,81	1,10	38	0,33	97	0,54
A1A2	4-10	1,00	0,51	24	0,16	85	0,42
A2 ^г (f)c	30-40	0,31	0,16	19	0,28	67	0,43
A2B	50-60	0,18	0,09	8	0,38	73	0,51
B1	80-90	0,33	0,17	5	0,24	81	0,31
Слабодерновая глубокоподзолистая поверхностно-оглеенная почва (КлУ 4)							
A1	0-6	4,76	0,94	45	0,19	106	0,81
A2A1h(g)	6-28	1,26	0,65	20	0,22	99	0,80
A2 ^г g	30-40	0,28	0,14	13	0,26	78	0,57
A2B(g)	50-60	0,25	0,13	7	0,47	82	0,51
B1(t)g	80-90	0,20	0,16	6	0,16	87	0,31
Слабодерновая глубокоподзолистая поверхностно-оглеенная почва (КлУ 5)							
A1	0-4	7,52	1,90	40	0,13	109	0,75
A1A2h	4-10	2,20	0,98	33	0,29	94	0,83
A2 ^г g	25-35	0,25	0,13	27	0,27	82	0,54
A2B(g)	40-50	0,23	0,15	9	0,14	86	0,42
B1(t)g	70-80	0,26	0,20	4	0,17	90	0,14

Содержание подвижных форм фосфора и калия в исследуемых почвах ЛОД низкое (табл. 4), что в целом характерно для лесных дерново-подзолистых почв [19]. В пределах трансекты содержание P₂O₅ в гумусово-аккумулятивном горизонте варьирует от 20 до 45 мг/кг почвы, K₂O – от 80 до 109 мг/кг почвы.

3. Анализ динамических параметров почвенно-экологического мониторинга. Рассматриваемые почвы характеризуются значительной пространственной изменчивостью и временной динамикой показателей кислотности (табл. 5). Значения кислотности изучаемых почв, как правило, не выходят за пределы интервалов сильнокислых значений актуальной кислотности (pH_{вод} = 4,09...4,97), очень сильнокислых значений обменной кислотности (pH_{сол} = 3,49...4,00) и высоких и очень высоких значений гидролитической кислотности (3,72...15,50).

Актуальная и обменная кислотности характеризуются узкими интервалами профильной изменчивости (в пределах 0,5). Максимальная пространственная дифференциация характерна для актуальной кислотности, где отличия между разными ключевыми участками в пределах одного года могут достигать 0,5...0,6 pH с максимальными значениями кислотности для поверхностно-оглеенных дерново-подзолистых почв. Выявленная временная динамика обменной и гидролитической кислотности незначительна. Отмечаются существенные временные изменения актуальной кислотности: величины pH_{вод} почв в засушливый год на 0,2...0,5 единицы ни-

же, чем в год нормального увлажнения. Установлена значимая обратная корреляция (-0,60) между рН и влажностью в пределах двух сезонов.

Аналитические данные отражают сильную ненасыщенность основаниями рассматриваемых почв (табл. 5). Следует отметить, что чем более дренированный участок, тем выше участие широколиственных пород в составе древесного растительного покрова и неморальных видов в напочвенном покрове – тем выше содержание в почве оснований: подошва слабоогнутого ЮЗ склона → средняя часть слабоогнутого ЮЗ склона → подошва слабопокатого СВ склона → вершина моренного холма → средняя часть слабопокатого СВ склона.

Таблица 5

Физико-химические показатели дерново-подзолистых почв ЛОД (n=4-6)

Почва/КЛУ	Глубина, см	рН вод				рН сол				V, %	
		2006		2007		2006		2007		2006	2007
		М	σ	М	σ	М	σ	М	σ	М	М
Среднедерновая глубокоподзо- листая поверх- ностно-слабо- глеваята/ КЛУ1	0-6	4,87	0,13	4,68	0,21	3,81	0,13	3,87	0,41	33,0	32,0
	6-15	4,91	0,17	4,78	0,13	3,78	0,17	3,83	0,31	30,1	30,1
	30-40	4,92	0,22	4,72	0,10	3,81	0,14	3,91	0,23	34,5	32,1
	45-55	4,97	0,26	4,66	0,16	3,68	0,16	3,72	0,54	42,5	41,5
	70-80	4,81	0,23	4,70	0,15	3,58	0,17	3,62	0,36	55,2	56,4
Среднедерновая глубокоподзо- листая /КЛУ 2	0-4	4,69	0,18	4,35	0,13	3,91	0,23	3,81	0,22	37,9	36,0
	4-15	4,64	0,28	4,27	0,26	3,85	0,22	3,75	0,20	40,5	39,3
	30-40	4,70	0,18	4,45	0,13	3,89	0,25	3,85	0,25	39,1	39,9
	40-50	4,79	0,67	4,50	0,12	3,76	0,19	3,79	0,42	41,2	38,2
	70-80	4,81	0,14	4,33	0,29	3,61	0,20	3,67	0,17	56,7	53,8
Среднедерновая глубокоподзо- листая /КЛУ 3	0-4	4,58	0,38	4,13	0,17	3,68	0,19	3,77	0,19	33,8	33,6
	4-10	4,61	0,20	4,29	0,37	3,62	0,17	3,85	0,29	31,8	31,9
	30-40	4,65	0,54	4,32	0,22	3,75	0,15	4,93	0,19	29,9	29,8
	40-50	4,76	0,23	4,40	0,15	3,68	0,17	4,00	0,14	40,0	39,5
	80-90	4,63	0,13	4,38	0,28	3,63	0,13	3,91	0,46	56,0	58,3
Слабодерновая глубокоподзо- листая поверхно- стно-оглеенная /КЛУ4	0-6	4,55	0,14	4,08	0,13	3,66	0,14	3,70	0,34	28,3	26,6
	6-28	4,58	0,27	4,09	0,19	3,62	0,19	3,61	0,31	26,5	25,7
	30-40	4,61	0,16	4,19	0,22	3,68	0,14	3,73	0,29	30,5	29,6
	50-60	4,53	0,33	4,25	0,11	3,58	0,12	3,65	0,23	31,4	29,0
	80-90	4,55	0,24	4,30	0,15	3,50	0,13	3,55	0,15	57,3	58,7
Слабодерновая глубокоподзо- листая поверхно- стно-оглеенная /КЛУ5	0-4	4,53	0,14	4,16	0,26	3,63	0,34	3,62	0,23	20,5	20,0
	4-10	4,65	0,12	4,14	0,24	3,60	0,09	3,58	0,13	21,9	21,3
	30-40	4,67	0,38	4,29	0,15	3,61	0,13	3,67	0,36	22,5	22,1
	40-50	4,59	0,66	4,33	0,13	3,50	0,09	3,53	0,33	31,6	33,0
	70-80	4,65	0,12	4,44	0,14	3,49	0,13	3,49	0,29	43,8	43,8

4. Анализ режимных параметров почвенно-экологического мониторинга. Изучение пространственной изменчивости и сезонной динамики параметров, характеризующих почвенные режимы, проводилось с целью определения экологических особенностей текущего состояния почв. Годы наблюдений по своим погодным условиям существенно отличались друг от друга. Количество осадков с апреля по октябрь 2006 года (441 мм) близко к среднемноголетнему показателю за тот же период (440 мм), и их распределение было относительно равномерным. Количество осадков, выпавших за период наблюдений 2007 года (май – сентябрь), было на 30% ниже нормы (засушливый год), и распределение их было очень неравномерным.

В вегетацию 2006 года с нормальным характером увлажнения максимальная влажность почвы отмечалась в апреле в результате сквозного промачивания при снеготаянии. В конце июня влажность всей толщи почвы снижается (на 5–20% от массы почвы), достигая минимального значения за период наблюдений. К концу лета влажность почвы постепенно повышается. В засушливый 2007 год влажность почвы всех КЛУ в среднем в 1,5 раза ниже, чем в 2006 году.

Влажность почв на водоразделе характеризуется наиболее высокой динамикой за период наблюдений. В засушливом году отношение максимальных и минимальных значений влажности в слое 0–20 см достигло 5 на фоне пониженного содержания влаги. В верхних гумусово-аккумулятивном и аккумулятивно-элювиальном горизонтах средние значения влажности в 2 раза выше, чем в элювиальной части профиля. На глубине 40–60 см (горизонты А2В и В) со-

держание влаги в почве существенно снижается и отмечается более стабильное ее поведение с меньшей амплитудой колебаний. На подошве склона влажность почвы в 1,2...1,5 раза выше влажности почвы на водоразделе. Наиболее и устойчиво влажными на протяжении всего периода наблюдений являются дерново-подзолистые поверхностно-оглеенные почвы сосняков на ЮЗ склоне. Содержание влаги в слое 0–20 см, как правило, не опускается ниже 35% для года нормального увлажнения и 20% для засушливого для склонового участка и 43% и 25% для нормального и засушливого года соответственно на подошве. Наибольшие различия с другими участками отмечаются в условиях засушливого года.

Интегральной характеристикой водного режима почв является влагозапас их верхних горизонтов (табл. 6). Почвы исследуемых участков характеризуются значительной пространственной изменчивостью весеннего влагозапаса: на подошве исследуемых склонов он устойчиво в 1,4 – 1,5 раза выше, чем на вершине холма. В год нормального увлажнения разница постепенно снижается до 1,25 к концу летнего периода, в случае засушливого года – она наоборот резко возрастает и в течение всего летнего и раннеосеннего периодов выдерживается в пределах 2 – 2,5. Важно отметить большое значение на первый взгляд не очень значительной разницы в крутизне, продольной форме и длине исследуемых склонов ЮЗ и СВ экспозиции: влагозапас между их аналогичными элементами, как правило, варьирует от 10 до 30 мм в верхнем 50 см слое.

Таблица 6 Сезонные различия

Динамика запасов влаги в 0-50 см слое почвы КЛУ ЛОД (мм)

КЛУ	2006				2007				
	V	VI	VII	VIII	V	VI	VII	VIII	IX
1	154,6	160,4	151,5	159,4	146,1	87,9	86,5	70,0	107,2
2	128,1	118,2	135,3	134,1	131,1	64,8	68,4	62,3	71,5
3	114,9	144,2	132,6	128,6	108,3	59,2	43,9	42,7	42,9
4	146,8	139,8	136,9	134,9	166,5	88,8	78,4	86,1	118,9
5	163,6	177,3	178,8	165,6	155,4	110,7	105,5	99,8	102,9

плотности почвы сохраняются до глубины 20–30 см. В год нормального увлажнения на всех КЛУ с мая по июль отмечается общая тенденция к разуплотнению – в среднем на 10%. В августе наблюдается уплотнение на 3–4%, по сравнению с июлем. В более засушливый год от мая к июню на всех КЛУ плотность увеличилась, а к сентябрю наблюдается незначительное ее снижение. Почва в более засушливый год оказалась существенно плотнее (на 0,1–0,2 г/см³). Мы связываем временные изменения плотности почвы с сезонным режимом влажности ($r_{2006} = -0,43$, $r_{2007} = -0,53$) и активным развитием корневых систем растений летом.

Почвы КЛУ характеризуются сравнительно высокой биологической активностью. Максимумы выделения CO₂ в год нормального увлажнения приходятся на июнь–июль. В апреле и октябре отмечается резкое снижение интенсивности «дыхания» почвы. В целом, в год нормального увлажнения наиболее активное «дыхание» почвы отмечается в сосняках будрощитовниковом (КЛУ №1), щитовниково-осоковом (КЛУ №5) и липняке осоково-щитовниковом (КЛУ №2), которые характеризуются наиболее благоприятным сочетанием теплового и водного режимов. В засушливый год максимальная эмиссия CO₂ отмечается в мае, далее в течение сезона она снижается и достигает в августе - сентябре минимальных значений.

Выявленная сезонная динамика выделения CO₂ во многом, определяется изменениями температуры и влажности почвы (рис. 3). В условиях года нормального увлажнения лимитирующим фактором является температура, в условиях засушливого года лимитирует влажность почвы. С интенсивностью «дыхания» почв хорошо коррелирует целлюлозолитическая активность (ЦЛА), коэффициент корреляции между ними составляет 0,89. Наибольшей активностью обладают гумусово-аккумулятивные и аккумулятивно-элювиальные горизонты. Наиболее высокие показатели ЦЛА выявлены в сосняках разнотравноосоковом (КЛУ №4) и щитовниково-осоковом (КЛУ №5) (до 27,8% в горизонте А1). В то же время, дерново-подзолистые почвы неморальных липняка и дубняка с липой (участки 2 и 3) характеризуются наибольшей устойчивостью ЦЛА за период наблюдений (варьирование около 25%). В условиях недостаточного увлажнения в 2007 году интенсивность ЦЛА ниже на всех исследуемых участках, что, по-видимому, связано с дефицитом влаги в почве для целлюлозоразлагающих микроорганизмов.

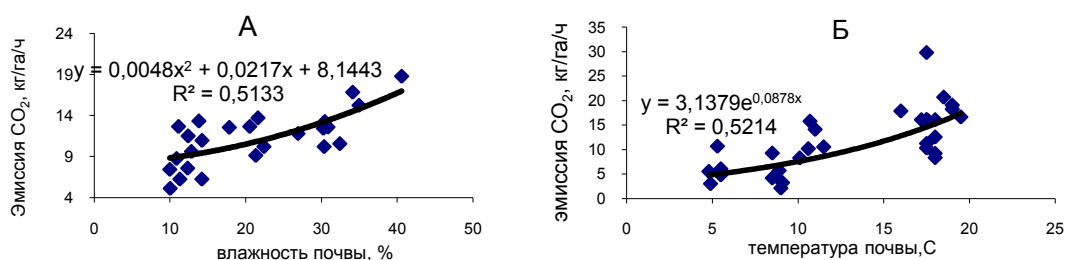


Рис. 3. Зависимость эмиссии CO_2 с почвы от влажности почвы в засушливый год (А) и от температуры почвы в год нормального увлажнения (Б)

Выводы.

1. Сравнительно-географический анализ базовых параметров мониторинга показал их значительную пространственную дифференциацию даже в условиях слабовыраженного рельефа Лесной опытной дачи РГАУ-МСХА. В условиях переходного типа ландшафта (между природными зонами тайги и широколиственных лесов) даже незначительные изменения крутизны склона (на $1-2^\circ$), его формы (с почти ровного до слабоогнутого) и длины (с 200 до 400-500 м) приводят к качественным изменениям доминирующих дерново-подзолистых почв, режимов их функционирования и типа леса (неморальные липняки и неморально-бореальные сосняки).

2. Относительно стабильный показатель содержания органического углерода в почвах ЛОД характеризуется существенной пространственной изменчивостью, в значительной мере обусловленной особенностями рельефа и растительности. На пологом слабоогнутом склоне ЮЗ экспозиции значительной длины отмечается последовательное нарастание содержания перегнойного органического вещества с максимумом у подошвы склона (2,81→4,76→7,52). Почвы прямого короткого слабопокатого склона СВ экспозиции отличаются модер типом подстилки и постепенным снижением содержания $\text{C}_{\text{орг}}$ вниз по склону (2,81→1,28→1,45) с одновременным обеднением породного состава древостоя и подроста.

3. Рассматриваемые почвы характеризуются значительной пространственно-временной изменчивостью показателей кислотности. Наибольшая дифференциация характерна для актуальной кислотности, где отличия разных КЛУ в пределах одного года могут достигать 0,5–0,6 рН с максимумом кислотности для поверхностно-оглеенных дерново-подзолистых почв. Значения актуальной кислотности почв (величины $\text{pH}_{\text{вод}}$) в засушливый год были на 0,2–0,5 единицы ниже, чем в год нормального увлажнения.

4. Режимные наблюдения показали высокую пространственно-временную дифференциацию влажности почв. Наиболее высоким и устойчивым влагозапасом характеризуются почвы ЮЗ склона. Минимальный доступный влагозапас характерен для почв вершины холма и средней части СВ склона. При малых уклонах (до 3°) форма, крутизна и длина склона оказывают более существенное влияние на почвенный микроклимат, чем его экспозиция.

5. Почвы исследованных ключевых участков характеризуются сравнительно высокой биологической активностью. Сезонная динамика выделения CO_2 во многом определяется изменениями температуры и влажности почвы. В условиях года нормального увлажнения лимитирующим фактором является температура ($R^2 = 0,52$), в условиях засушливого года лимитирует влажность почвы ($R^2 = 0,51$).

6. Наличие количественных зависимостей и логически объяснимых взаимосвязей между относительно стабильными, динамичными и режимными параметрами мониторинга позволяет проводить обоснованную экстраполяцию результатов «точечных» режимных наблюдений на аналогичные элементы ландшафта и прогнозировать изменения почв и экосистем.

Список литературы

1. Строганова, М. Н. Почвы города Москвы: тревоги и надежды / М. Н. Строганова, М. Н. Агаркова, А. Д. Мягкова // Сб. Почва, город, экология. – М., 1997. – С.181-265.
2. Duchaufour, P. Handbook of pedology. A. A. Balkema. 1998. – 264 p.
3. Агроэкология. Учебник / под ред. В. А. Черникова, А. И. Чекереса. – М.: Колос, 2000. – 535 с.

4. The Transactions of the 18 World Congress of Soil Science. – Philadelphia, 2006.
5. Васнев, И. И. Почвенные сукцессии / И. И. Васнев. – М.: Изд-во ЛКИ, 2008. – 400 с.
6. ФЗ РФ «Об особо охраняемых природных территориях». – М., 1995.
7. Экология большого города. Проблема содержания зеленых насаждений в условиях Москвы. Альманах / Под редакцией Х. Г. Якубова. – М.: Группа СТАГИРИТ, 2001. – Выпуск 5. – 168 с.
8. Соловьев, С. Состав почв Лесной опытной дачи / С. Соловьев. – ТСХА, 1889. – Вып. 11.
9. Арбузов, И. Почвы Лесной опытной дачи ТСХА / И. Арбузов. – М., 1936.
10. Гречин, И. П. Почвы Лесной опытной дачи ТСХА / И. П. Гречин // Изв. ТСХА. – Вып. 1(11). – 1957. – С. 118-127.
11. Тимофеев, В. П. Природа и насаждения Лесной опытной дачи ТСХА за 100 лет / В. П. Тимофеев. – М.: Изд-во «Лесная промышленность», 1965. – 168 с.
12. Поляков, А. Н. 130 лет Лесной опытной даче ТСХА / А. Н. Поляков. – М.: Изд-во ВНИИЦ-лесресурс, 1993.
13. Наумов, В. Д. Структура почвенного покрова Лесной опытной дачи ТСХА / В. Д. Наумов, Н. П. Сорокина, В. М. Градузов // Пространственно-временная организация почвенного покрова: теоретические и прикладные аспекты: международная научная конференция. – СПб, 2007. – С. 87-88.
14. Васнев, И. И. Структурно-функциональная организация почвенно-экологического мониторинга Лесной опытной дачи РГАУ – МСХА / И. И. Васнев, В. Д. Наумов, Т. В. Раскатова // Изв. Тимирязев. с.-х.акад., 2007. – № 4. – С. 29-44.
15. Добровольский, Г. В. Научные основы почвенного мониторинга / Г. В. Добровольский, Л. А. Гришина // Комплексный глобальный мониторинг состояния биосферы. – М., 1986. – Т.1. – С. 79-86.
16. Почвенно-экологический мониторинг и охрана почв: Учеб. пособие / Под. ред. Д. С. Орлова, В. Д. Васильевской. – М.: Изд-во МГУ, 1994. – 272 с.
17. Handbook of soil science (M. E. Sumner ed.). CRC Press. 2000.
18. Васнев, И. И. Базовый агроэкологический мониторинг в ЦЧЗ / И. И. Васнев, А. П. Щербаков // Информационно-справочные системы по оптимизации землепользования в условиях ЦЧЗ: Под. ред. И. И. Васневой, Г. Н. Черкасова. – Курск, 2002. – С.103-110.
19. Карпачевский, Л. О. Экологическое почвоведение: Учебник / Л. О. Карпачевский. – М.: ГЕОС, 2005. – 334 с.
20. Наумов, В. Д. Почвенно-геоморфологическая характеристика территории Лесной опытной дачи МСХА / В. Д. Наумов, П. И. Гречин, А. Н. Поляков // Изв. ТСХА, 2001. – № 1. – С. 83-101.
21. Розанов, Б. Г. Морфология почв / Б. Г. Розанов. – М.: МГУ, 2004. – 320 с.
22. Классификация и диагностика почв СССР. – М.: Колос, 1977. – 223 с.
23. Теория и методы физики почв (под ред. Е. В. Шеина и Л. О. Карпачевского). – М.: Гриф и К., 2007. – 616 с.
24. Теория и практика химического анализа почв (под ред. Л.Ф. Воробьевой). – М.: ГЕОС. 2006. – 400 с.
25. Карпачевский, Л. О. Лес и лесные почвы / Л. О. Карпачевский. – 1981. – 261 с.

Статья поступила в редакцию 30.04.09.

I. I. Vasenev, T. V. Raskatova

**SPATIAL-TEMPORAL VARIABILITY OF THE MAIN CHARACTERISTICS
OF BACKGROUND ECOLOGICAL MONITORING OF SOD-PODZOLIC
SOILS IN THE PILOT FOREST RUSSIAN STATE AGRICULTURAL
UNIVERSITY – MOSCOW AGRICULTURAL ACADEMY**

This paper presents the brief description of results of complex ecological monitoring of forest sod-podzolic soils at the protected preserve area within Moscow megapolis. Special attention is concentrated on the established regularities of soil functioning spatial variability within principal elements of mesorelief and its temporal dynamics during main vegetation periods of two contrast years.

Key words: *ecological monitoring, soils, forest planting, spatial distributing.*

ВАСЕНЕВ Иван Иванович – доктор биологических наук, профессор, зав. кафедрой экологии РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева. Научные интересы – экология, почвоведение, агроэкология, эволюция и экология почв, оптимизация землепользования. Автор более 230 публикаций. E-mail: vasenev@timacad.ru.

РАСКАТОВА Татьяна Владимировна – аспирант кафедры экологии РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева. Научные интересы – экологический мониторинг, экология лесных почв, агроэкология. Автор восьми публикаций. E-mail: vasenev@timacad.ru.