

УДК 631.46

ОСОБЕННОСТИ МИКРОБНЫХ СООБЩЕСТВ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ НА ПРИМЕРЕ РАЙОНА ФИЛЕВСКАЯ ПОЙМА Г. МОСКВЫ

С.Ю. ЛЮЛИН, О.В. СЕЛИЦКАЯ

(Кафедра микробиологии)

В работе показано, что городская среда оказывает существенное влияние на формирование микробных сообществ почв: снижается доля бацилл; встречаются не характерные для данного почвенно-климатического региона их виды; на стройплощадках увеличивается доля актиномицетов; уменьшается разнообразие микромицетов; снижается содержание азотобактера.

Интенсивная и многофункциональная деятельность человека в пределах крупных городов нередко преобладает над естественными природными факторами почвообразования, приводит к формированию специфических почв. В Москве почти 94 % территории представлены так называемыми урбоэкосистемами, разительно отличающимися от природных экосистем [2]. Изучение урбанизированных территорий долгое время по большей части сводилось только к санитарно-микробиологической оценке почв. Наша работа продолжила исследования состояния территории района Филевская пойма, начатые в 1998 г. при проектировании массовой жилищной застройки. Исследования показали, что эта территория неблагоприятна в санитарном отношении и почвы района требуют оздоровления. Однако проведение только санитарно-микробиологического исследования недостаточно для того, чтобы дать комплексную оценку состояния почв. Необходимо изучать не только динамику СПМ, но и основных физиологических групп микроорганизмов.

Объекты и методы исследований

Исследуемая территория размещается в Западном административном округе Москвы в пределах муниципального округа Филевский парк. Ранее она принадлежала заводу им. Хруничева и использовалась в качестве летного поля. Затем часть территории была застроена жилыми домами, а часть осталась неосвоенной и превратилась в пустырь, на поверхности которого скапливался мусор и размещались гаражные боксы. Позднее, за счет сокращения размеров СЗЗ была застроена жилыми домами и дополнительная часть территории. Пробные площадки были заложены на различном расстоянии от предполагаемого источника загрязнения — завода им. Хруничева. Микробиологическому изучению были подвергнуты почвы района, расположенного по адресу Филевский бульвар, территории домов 34 (пробная площадка 1), 35 (пробная площадка 2), 40 (пробные площадки 3, 4); территория стройплощадки дома (владение 10) (пробная площадка 5). В качестве конт-

роля выбрана аллювиальная почва в рекреационной зоне на берегу Москвы-реки, типичная для данного района до начала застройки (контрольная пробная площадка). Образцы почв отбирали из слоя 0-10 см. Объектами исследования служили основные группы почвенных микроорганизмов. Учет микроорганизмов проводился по общепринятой методике [13] на следующих питательных средах: бактерии, использующие органические формы азота, учитывали на среде МПА, микромицеты — на среде Чапека, спорообразующие бактерии — на среде МС, бактерии, использующие минеральные формы азота, и актиномицеты — на среде КАА, целлюлозоразлагающие бактерии — на среде Гетчинсона, *Azotobacter chroococcum* — на среде Эшби. Результаты анализа выражали численностью колониеобразующих единиц (КОЕ) на массу абсолютно сухой почвы. Данные наблюдений сравнивали с данными, полученными на контрольной пробной площадке. Для этого оценивали разность соответствующих средних по *t*-критерию, вычисляли наименьшую существенную разность (НСР) [4]. рН водного и солевого растворов определяли потенциометрическим методом. Определение содержания в почве тяжелых металлов проводили в 2003 г. на кафедре почвоведения

РГАУ - МСХА им. К.А. Тимирязева методом атомно-абсорбционной спектроскопии. Респирометрические показатели (БД и СИД), микробную биомассу ($C_{\text{мик}}$) и микробный метаболический коэффициент (qCO_2) определяли в ИФХиБПП РАН (г. Пушкино).

Результаты и их обсуждение

Известно, что городские почвы отличаются по физико-химическим показателям от почв, характерных для данного региона [2, 7]. Это хорошо видно из показателей, характеризующих почвы пробных площадок, представленных в табл. 1.

Так, кислотно-щелочной баланс смещен в сторону подщелачивания, гидролитическая кислотность — в пределах 1,9—2,5 мгэкв на 100 г почвы. Кроме того, исследуемые почвы отличаются высоким содержанием обменных оснований, что можно объяснить как высоким уровнем минерализации грунтовых вод, так и их сульфатным загрязнением. Однако содержание тяжелых металлов в почвах и грунтах исследуемой территории, как показали анализы, не превышает уровня ПДК.

Известно, что наиболее важным универсальным показателем биологической активности почв служит количество бактерий, использующих органические формы азота. В данный комплекс входят предста-

Таблица 1

Физические и физико-химические свойства почв района массовой застройки Филевская пойма

Номер пробной площадки	рН (H ₂ O)	рН (KCl)	Содержание гумуса, %	Сумма обменных оснований, мгэкв на 100 г почвы	Гидролитическая кислотность, мгэкв на 100 г почвы	Насыщенность почвы основаниями, %
Контроль	7,9	7,2	3,4	26,1	2,1	91,6
1	6,9	6,3	1,5	31,1	2,2	93,5
2	7,5	6,7	1,3	16,8	1,9	91,8
3	7,8	7,4	2,3	26,0	2,3	89,3
4	7,7	7,1	5,2	22,4	2,5	89,8
5	7,1	6,6	2,8	28,0	2,2	87,7

вители различных эколого-трофических групп: гидролитики, копротрофы и олиготрофы [11]. Для данной группы не существует единых нормативов, поскольку количество микроорганизмов в почвах различных типов значительно варьирует [5]. Данные о динамике численности бактерий, использующих органические формы азота и бацилл, а также их соотношение представлены в табл. 2.

Оценка существенности разности численности бактерий, использую-

щих органические формы азота, представлена в табл. 3.

Оценка существенности разности содержания бацилл в почвах исследованных пробных площадок представлена в табл. 4.

Численность микроорганизмов данной группы на всех пробных площадках различается незначительно, хотя имеется тенденция к ее уменьшению на пробных площадках 1 и 2, расположенных ближе к источнику загрязнения. В зависимо-

Таблица 2

Динамика численности и соотношение бактерий, использующих органические формы азота и бацилл в почвах пробных площадок района Филевская пойма

Номер пробной площадки	Бактерии, использующие органические формы азота, (КОЕ/г)	Бациллы, (КОЕ/г)	Отношение, %	Бактерии, использующие органические формы азота, (КОЕ/г)	Бациллы, (КОЕ/г)	Отношение, %
<i>Посев 16.07.2003 г.</i>			<i>Посев 24.09.2003 г.</i>			
Контроль	$3,2 \cdot 10^6$	$6,4 \cdot 10^5$	20	$1,5 \cdot 10^6$	$4,2 \cdot 10^5$	28
1	$1,5 \cdot 10^6$	$1,1 \cdot 10^5$	7	$5,0 \cdot 10^5$	$3,8 \cdot 10^4$	8
2	$1,8 \cdot 10^6$	$1,5 \cdot 10^5$	8	$6,8 \cdot 10^5$	$6,1 \cdot 10^4$	9
3	$4,8 \cdot 10^6$	$5,4 \cdot 10^5$	14	$2,9 \cdot 10^6$	$5,5 \cdot 10^5$	19
4	$6,5 \cdot 10^6$	$8,5 \cdot 10^5$	13	$4,8 \cdot 10^6$	$2,3 \cdot 10^5$	17
5	$3,7 \cdot 10^6$	$8,1 \cdot 10^5$	22	$2,5 \cdot 10^6$	$6,3 \cdot 10^5$	26
<i>Посев 26.07.2004 г.</i>			<i>Посев 29.09.2004 г.</i>			
Контроль	$4,6 \cdot 10^6$	$9,2 \cdot 10^5$	20	$2,1 \cdot 10^6$	$6,1 \cdot 10^5$	29
1	$2,7 \cdot 10^6$	$5,0 \cdot 10^4$	2	$8,7 \cdot 10^5$	$7,8 \cdot 10^4$	9
2	$3,1 \cdot 10^6$	$1,7 \cdot 10^5$	5	$7,6 \cdot 10^5$	$5,7 \cdot 10^4$	7,5
3	$3,2 \cdot 10^6$	$3,5 \cdot 10^5$	11	$1,2 \cdot 10^6$	$1,9 \cdot 10^5$	16
4	$2,4 \cdot 10^6$	$2,4 \cdot 10^5$	10	$1,2 \cdot 10^6$	$1,6 \cdot 10^5$	15
5	$1,7 \cdot 10^6$	$1,9 \cdot 10^5$	12	$7,2 \cdot 10^5$	$1,0 \cdot 10^5$	14
<i>Посев 19.07.2005 г.</i>			<i>Посев 28.09.2005 г.</i>			
Контроль	$5,3 \cdot 10^6$	$1,1 \cdot 10^5$	20	$1,1 \cdot 10^6$	$2,8 \cdot 10^5$	25
1	$2,1 \cdot 10^6$	$2,0 \cdot 10^5$	9	$7,5 \cdot 10^5$	$9,0 \cdot 10^4$	12
2	$3,1 \cdot 10^6$	$3,7 \cdot 10^5$	12	$4,9 \cdot 10^5$	$7,3 \cdot 10^4$	15
3	$6,3 \cdot 10^6$	$9,5 \cdot 10^5$	15	$3,0 \cdot 10^6$	$5,7 \cdot 10^5$	19
4	$8,0 \cdot 10^6$	$1,0 \cdot 10^6$	13	$4,0 \cdot 10^6$	$6,4 \cdot 10^5$	17
5	$2,3 \cdot 10^5$	$1,3 \cdot 10^4$	6	$1,9 \cdot 10^5$	$1,3 \cdot 10^4$	7

Таблица 3

Оценка существенности разности численности бактерий, использующих органические формы азота, в почвах пробных площадок района Филевская пойма

Номер пробной площадки	2003 г.		2004 г.		2005 г.	
	HCP ₀₅	X ₀ -X _i	HCP ₀₅	X ₀ -X _i	HCP ₀₅	X ₀ -X _i
1	$6,3 \cdot 10^5$	$1,4 \cdot 10^6$	$9,3 \cdot 10^5$	$1,6 \cdot 10^6$	$8,6 \cdot 10^5$	$1,8 \cdot 10^6$
2	$6,5 \cdot 10^5$	$1,1 \cdot 10^6$	$9,5 \cdot 10^5$	$1,4 \cdot 10^6$	$9,0 \cdot 10^5$	$1,4 \cdot 10^6$
3	$1,1 \cdot 10^6$	$1,5 \cdot 10^6$	$9,8 \cdot 10^5$	$1,2 \cdot 10^6$	$1,4 \cdot 10^6$	$1,5 \cdot 10^6$
4	$1,5 \cdot 10^6$	$3,3 \cdot 10^6$	$9,3 \cdot 10^5$	$1,6 \cdot 10^6$	$1,7 \cdot 10^6$	$2,8 \cdot 10^6$
5	$9,5 \cdot 10^5$	$7,5 \cdot 10^5$	$8,7 \cdot 10^5$	$2,1 \cdot 10^6$	$7,9 \cdot 10^5$	$3,0 \cdot 10^6$

Таблица 4

Оценка существенности разности содержания бактерий в почвах пробных площадок района Филевская пойма

Номер пробной площадки	2003 г.		2004 г.		2005 г.	
	HCP ₀₅	$X_0 - X_i$	HCP ₀₅	$X_0 - X_i$	HCP ₀₅	$X_0 - X_i$
1	6	17	6	19	6	12
2	6	16	6	18	6	9
3	7	8	7	11	7	6
4	7	9	7	12	7	8
5	8	0	7	12	6	16

сти от удаленности от источника загрязнения наблюдается изменение доли бактерий: она меньше на пробных площадках 1 и 2, расположенных ближе к источнику загрязнения, но больше на более удаленных — контроль, 3, 4, 5. Данные о видовом составе бактерий на пробных площадках представлены в табл. 5.

На контрольной и 5-й пробных площадках, менее подверженных антропогенному воздействию, видовой состав бактерий был типичен для данного почвенно-климатического региона. Однако на пробных площадках 1, 3, 4 встречались более характерные для южных регионов виды бактерий. С одной стороны, они могли быть привнесены с насыпными грунтами, а с другой — их наличие может свидетельствовать о нарушении естественных микробиологических процессов, протекающих в почве. Известно, что температура в

крупных городах выше, чем в прилегающих регионах, и для развития данных «южных» бактерий могли создаться подходящие условия. Минимальное разнообразие бактерий наблюдалось на пробной площадке 2. На пробной площадке 5, где велось строительство и были уничтожены верхние горизонты почвы, снизилось содержание органического вещества и приток свежей органики. За годы наблюдений численность бактерий, использующих органические формы азота и бактерий, снизилась в несколько раз, причем уменьшилась и доля бактерий. Отмечена тенденция к увеличению доли бактерий осенью. С одной стороны, численность бактерий выше в засушливые периоды, что особенно заметно в аридных регионах [11], с другой — осенью отмечается увеличение численности бактерий гидролитиков-деструкторов растительных остатков [3].

Таблица 5

Видовое разнообразие бактерий рода *Bacillus* в почвах пробных площадок района Филевская пойма

Вид бактерий	Номер пробной площадки					
	контроль	1	2	3	4	5
<i>Bac. agglomeratus</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Bac. mycoides</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Bac. cereus</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Bac. virgulus</i>	+	-	-	+	-	+
<i>Bac. mesentericus</i>	-	+	+	+	+	-
<i>Bac. megaterium</i>	+	+	-	+	+	+
<i>Bac. subtilis</i>	-	+	-	+	-	-
<i>Bac. idosus</i>	+	-	-	+	+	-
<i>Bac. brevis</i>	+	-	+	+	+	+

К актиномицетам относится более 100 родов грамположительных бактерий, большинство из которых способно к формированию ветвящегося мицелия, подобного грибному, но более тонкого. Основная роль актиномицетов в природе — разложение сложных полимеров: лигнина, хитина, целлюлозы, гумусовых соединений, а также деструкция городских и с.-х. остатков [5]. Отмечается способность актиномицетов развиваться при низкой влажности и, что в условиях иссушения среды, их доля среди других бактерий значительно увеличивается [3, 6, 11]. Данные о динамике численности бактерий, использующих минеральные формы азота, и актиномицетов приведены в табл. 6.

Оценка существенности разности численности актиномицетов в почвах пробных площадок приведена в табл. 7.

Численность актиномицетов на всех пробных площадках различается незначительно, но на пробных площадках 1 и 2 доля актиномицетов несколько ниже, чем на остальных. Вообще, динамика численности актиномицетов не так показательна, как динамика бактерий вследствие большей устойчивости актиномицетов [5]. На пробной площадке 5 наблюдалось увеличение доли актиномицетов при некотором снижении их численности. Подобная динамика на территориях строек отмечена в [12]. Вероятно, это связано с тем, что на вывороченных песках создается неблагоприятный водный режим. Кроме того, имеется тенденция к осеннему уменьшению доли актиномицетов.

В природе микромицеты преобладают над бактериями в средах с более высокой концентрацией ионов водорода, например, в слабокислых

Таблица 6

Динамика численности и соотношение бактерий, использующих минеральные формы азота, и актиномицетов в почвах пробных площадок района Филевская пойма

Номер пробной площадки	Бактерии, использующие минеральные формы азота, (КОЕ/г)	Актиномицеты, (КОЕ/г)	Отношение, %	Бактерии, использующие минеральные формы азота, (КОЕ/г)	Актиномицеты, (КОЕ/г)	Отношение, %
<i>Посев 16.07.2003 г.</i>				<i>Посев 24.09.2003 г.</i>		
Контроль	$3,8 \cdot 10^6$	$1,2 \cdot 10^6$	32	$3,2 \cdot 10^6$	$9,3 \cdot 10^5$	29
1	$2,1 \cdot 10^6$	$3,9 \cdot 10^5$	35	$1,5 \cdot 10^6$	$2,9 \cdot 10^5$	19
2	$4,2 \cdot 10^5$	$3,7 \cdot 10^4$	15	$4,3 \cdot 10^5$	$7,3 \cdot 10^4$	17
3	$1,9 \cdot 10^6$	$3,2 \cdot 10^5$	36	$1,7 \cdot 10^6$	$5,4 \cdot 10^5$	32
4	$3,5 \cdot 10^6$	$1,1 \cdot 10^6$	33	$2,5 \cdot 10^6$	$7,5 \cdot 10^5$	30
5	$3,6 \cdot 10^6$	$1,2 \cdot 10^6$	33	$3,2 \cdot 10^6$	$6,4 \cdot 10^5$	29
<i>Посев 26.07.2004 г.</i>				<i>Посев 29.09.2004 г.</i>		
Контроль	$3,2 \cdot 10^6$	$1,1 \cdot 10^6$	30	$3,1 \cdot 10^6$	$8,1 \cdot 10^5$	26
1	$2,7 \cdot 10^6$	$5,4 \cdot 10^5$	20	$3,8 \cdot 10^5$	$7,5 \cdot 10^4$	19
2	$1,2 \cdot 10^6$	$2,4 \cdot 10^5$	20	$3,2 \cdot 10^5$	$6,9 \cdot 10^4$	21
3	$3,3 \cdot 10^6$	$1,1 \cdot 10^6$	32	$3,7 \cdot 10^6$	$9,7 \cdot 10^6$	26
4	$4,3 \cdot 10^6$	$1,3 \cdot 10^6$	31	$3,2 \cdot 10^6$	$7,7 \cdot 10^5$	24
5	$2,6 \cdot 10^6$	$1,0 \cdot 10^6$	39	$1,3 \cdot 10^6$	$4,8 \cdot 10^5$	37
<i>Посев 19.07.2005 г.</i>				<i>Посев 28.09.2005 г.</i>		
Контроль	$3,6 \cdot 10^6$	$1,1 \cdot 10^6$	31	$2,8 \cdot 10^6$	$9,2 \cdot 10^5$	34
1	$1,7 \cdot 10^6$	$3,7 \cdot 10^5$	22	$2,1 \cdot 10^6$	$4,8 \cdot 10^5$	23
2	$1,8 \cdot 10^6$	$4,3 \cdot 10^5$	24	$0,9 \cdot 10^6$	$1,9 \cdot 10^5$	21
3	$3,4 \cdot 10^6$	$1,0 \cdot 10^6$	31	$3,2 \cdot 10^6$	$9,6 \cdot 10^5$	30
4	$4,0 \cdot 10^6$	$1,4 \cdot 10^6$	34	$4,1 \cdot 10^6$	$1,5 \cdot 10^6$	37
5	$1,1 \cdot 10^6$	$6,6 \cdot 10^5$	60	$0,8 \cdot 10^6$	$5,7 \cdot 10^5$	60

Таблица 7

Оценка существенности разности численности актиномицетов в почвах пробных площадок района Филевская пойма

Номер пробной площадки	2003 г.		2004 г.		2005 г.	
	HCP ₀₅	X ₀ -X _i	HCP ₀₅	X ₀ -X _i	HCP ₀₅	X ₀ -X _i
1	2,7 · 10 ⁵	7,3 · 10 ⁵	2,5 · 10 ⁵	6,5 · 10 ⁵	2,7 · 10 ⁵	5,9 · 10 ⁵
2	2,6 · 10 ⁵	1,0 · 10 ⁶	2,4 · 10 ⁵	8,0 · 10 ⁵	2,6 · 10 ⁵	7,0 · 10 ⁵
3	2,8 · 10 ⁵	6,4 · 10 ⁵	1,3 · 10 ⁶	4,4 · 10 ⁶	3,4 · 10 ⁵	3,0 · 10 ⁴
4	3,5 · 10 ⁵	1,4 · 10 ⁵	3,5 · 10 ⁵	8,0 · 10 ⁴	4,3 · 10 ⁵	4,4 · 10 ⁵
5	3,4 · 10 ⁵	1,5 · 10 ⁵	3,0 · 10 ⁵	2,2 · 10 ⁵	2,9 · 10 ⁵	4,0 · 10 ⁵

лесных почвах (рН=6,5-3,5) [9]. Почвы северных регионов нашей страны, имеющие кислую реакцию среды, наиболее богаты микромицетами. Отмечено, что в этих почвах доминируют грибы р. *Penicillium*, в то же время в почвах южных регионов наблюдается доминирование грибов р. *Aspergillus*. Кроме того, северные почвы беднее грибами р. *Fusarium*, но богаче мукоровыми грибами [8]. Вместе с тем, в городских почвах формируются грибные комплексы, в которых значительная доля приходится на виды, характерные

для почв более южных регионов с высокими температурами, щелочным или нейтральным рН среды [7]. Данные мониторинга численности микроскопических грибов за 2003-2005 гг. представлены в табл. 8.

Данные, полученные при оценке существенности разности численности микромицетов, представлены в табл. 9.

Численность микроскопических грибов на различных пробных площадках за годы наблюдения была примерно одинакова, колебания незначительны. На пробной площад-

Таблица 8

Динамика численности микромицетов в почвах пробных площадок района Филевская пойма

Номер пробной площадки	Микромицеты, (КОЕ/г) а.с.в.					
	16.07.2003 г.	24.09.2003 г.	26.07.2004 г.	29.09.2004 г.	19.07.2005 г.	28.09.2005 г.
Контроль	1,5 · 10 ⁴	3,7 · 10 ⁴	1,5 · 10 ⁴	2,2 · 10 ⁴	2,1 · 10 ⁴	2,9 · 10 ⁴
1	1,7 · 10 ⁴	2,2 · 10 ⁴	1,3 · 10 ⁴	1,9 · 10 ⁴	1,6 · 10 ⁴	1,9 · 10 ⁴
2	1,1 · 10 ²	1,5 · 10 ³	3,1 · 10 ³	7,1 · 10 ³	2,3 · 10 ⁴	3,3 · 10 ⁴
3	2,7 · 10 ⁴	4,3 · 10 ⁴	2,8 · 10 ⁴	2,8 · 10 ⁴	2,3 · 10 ⁴	2,5 · 10 ⁴
4	8,3 · 10 ³	1,3 · 10 ⁴	2,9 · 10 ⁴	4,2 · 10 ⁴	2,0 · 10 ⁴	2,9 · 10 ⁴
5	3,1 · 10 ⁴	2,8 · 10 ⁴	1,9 · 10 ⁴	2,0 · 10 ⁴	3,1 · 10 ³	4,2 · 10 ³

Таблица 9

Оценка существенности разности численности микромицетов в почвах пробных площадок района Филевская пойма

Номер пробной площадки	2003 г.		2004 г.		2005 г.	
	HCP ₀₅	X ₀ -X _i	HCP ₀₅	X ₀ -X _i	HCP ₀₅	X ₀ -X _i
1	7,9 · 10 ³	6,5 · 10 ³	5,9 · 10 ³	2,5 · 10 ³	7,5 · 10 ³	7,5 · 10 ³
2	6,3 · 10 ³	2,5 · 10 ⁴	4,7 · 10 ³	1,3 · 10 ⁴	9,2 · 10 ³	3,0 · 10 ³
3	1,1 · 10 ⁴	9,0 · 10 ³	8,2 · 10 ³	9,5 · 10 ³	8,5 · 10 ³	1,0 · 10 ³
4	6,9 · 10 ³	1,5 · 10 ⁴	9,8 · 10 ³	1,7 · 10 ⁴	8,6 · 10 ³	5,0 · 10 ²
5	9,6 · 10 ³	3,5 · 10 ³	6,6 · 10 ³	1,0 · 10 ³	6,2 · 10 ³	2,1 · 10 ⁴

Биологическое разнообразие микроскопических грибов в почвах пробных площадок района Филевская пойма

Микромицеты	Номер пробной площадки					
	контроль	1	2	3	4	5
<i>Aspergillus</i> sp.	+	+	+	+	+	+
<i>Penicillium</i> sp.	+	+	+	+	+	+
<i>Dematium</i> sp.	+	–	–	–	–	+
<i>Cladosporium</i> sp.	+	–	+	–	–	+
<i>Mucor</i> sp.	+	+	+	+	+	+
<i>Trichoderma</i> sp.	+	+	+	+	+	+
<i>Alternaria</i> sp.	+	+	–	+	+	–
<i>Fusarium</i> sp.	+	–	–	–	–	+

ке 2 численность микромицетов в 1-й сезон наблюдений была ниже на 2 порядка, чем на остальных площадках, но за годы наблюдений восстановилась. На пробной площадке 5 численность микромицетов упала на порядок, что связано, вероятно, с прекращением поступления свежей органики, в частности листового опада. Кроме того, нами было исследовано разнообразие родов микромицетов в почвах пробных площадок (табл. 10).

Максимальное разнообразие микромицетов за годы исследований наблюдалось в первый сезон на наиболее удаленных от предполагаемого источника загрязнения контрольной и 5-й пробных площадках, на которые оказывалась наименьшее антропогенное воздействие. Меньшее разнообразие наблюдалось на пробных площадках, расположенных ближе к источнику загрязнения. Отмечалось некоторое увеличение числа микромицетов в осенний сезон по сравнению с летним, что, во-первых, можно связать с недостаточным увлажнением в летний сезон, во-вторых, с поступлением свежего растительного опада осенью, который активно используется как питательный субстрат и, в-третьих, в связи с тем, что вместе со свежим растительным опадом в почву попадают многочисленные эпифитные грибы [3, 11].

Наличие в почве азотобактера можно расценивать как показатель ее плодородия. *Azotobacter chroococcum* — микроаэрофильный микроорганизм, хемоорганотроф, требовательный к источникам органического и минерального питания, предпочитающий высокоплодородные, хорошо увлажненные почвы с близкой к нейтральной реакцией среды, активный азотфиксатор [10]. Отсутствие в почве каждого из вышеуказанных факторов лимитирует рост азотобактера и отрицательно сказывается на плодородии почв [12]. Данные об изменении содержания азотобактера в почвах пробных площадок представлены в табл. 11.

Оценка существенности разности содержания азотобактера в почвах пробных площадок представлена в табл. 12.

Таблица 11

Изменение содержания *Azotobacter chroococcum* в почвах пробных площадок района Филевская пойма

Номер пробной площадки	Содержание <i>Azotobacter chroococcum</i> , % обрастания комочков		
	2003 г.	2004 г.	2005 г.
Контроль	96	100	100
1	44	48	64
2	16	40	52
3	56	64	68
4	68	72	72
5	92	36	16

Оценка существенности разности содержания *Azotobacter chroococcum* в почвах пробных площадок района Филевская пойма

Номер пробной площадки	2003 г.		2004 г.		2005 г.	
	HCP ₀₅	x_0-x_1	HCP ₀₅	x_0-x_1	HCP ₀₅	x_0-x_1
1	10	52	11	52	6	36
2	9	80	11	60	5	48
3	11	40	12	36	7	32
4	12	28	12	28	7	28
5	13	4	8	64	2	84

Максимальное содержание азотобактера за годы наблюдений отмечалось в первый сезон на наиболее удаленных контрольной и площадке 5, на которые оказывалось наименьшее антропогенное влияние, сохранялся естественный травостой, и почвы были достаточно увлажнены вследствие близости реки. Несколько меньше содержание азотобактера отмечено на пробных площадках 3 и 4, где были разбиты искусственные газоны. Меньшее содержание азотобактера было на пробных площадках 1 и 2, наиболее приближенных к вероятному источнику загрязнения, хотя к 2005 г. содержание азотобактера в данных почвах несколько возросло. На стройплощадке содержание азотобактера снизилось с 92% до 16%.

Известно, что микробные сообщества наиболее чувствительны к стрессовым факторам окружающей среды, поэтому, наряду с изучением структуры и численности микробных сообществ для оценки ан-

тропогенного воздействия и определения устойчивости городских экосистем, мы применяли ряд других показателей. К ним относятся: субстрат-индуцированное дыхание (СИД), базальное (фоновое) дыхание (БД), микробный метаболический коэффициент (qCO_2), микробная биомасса ($C_{мик}$). В результате проведенных анализов получены данные, которые приведены в табл. 13.

Считается, что чем ниже респирометрические показатели (БД и СИД), тем хуже состояние микробных сообществ и меньше их активность. Однако оба этих показателя в значительной мере зависят от температуры и влажности среды. Поэтому уместно введение микробного метаболического коэффициента (qCO_2), который не зависит от факторов окружающей среды. Данный коэффициент может служить показателем нарушений в почвенной системе. Теоретически величина этого коэффициента должна быть более высокой в молодых или

Таблица 13

Показатели микробиологической активности почв пробных площадок района Филевская пойма

Номер пробной площадки	СИД, мкг C-CO ₂ г ⁻¹ почвы час ⁻¹	БД, мкг C-CO ₂ г ⁻¹ почвы час ⁻¹	qCO_2	$C_{мик}$ мкг C г ⁻¹ почвы
0	2,75 ± 0,8	0,59 ± 0,02	2,63	223 ± 14
1	5,87 ± 0,39	0,91 ± 0,04	1,92	475 ± 31
2	3,07 ± 0,30	1,07 ± 0,08	4,28	249 ± 24
3	2,52 ± 0,29	0,75 ± 0,05	3,67	205 ± 23
4	2,81 ± 0,22	0,45 ± 0,02	1,99	228 ± 18
5	0,32 ± 0,23	0,17 ± 0,03	6,27	27 ± 19

нарушенных экосистемах, низкой — в климатических и более устойчивых [1]. Как видно из данных табл. 13, в наихудшем состоянии находятся почвы на стройплощадке дома. На прочих пробных площадках показатели различаются незначительно, а более благоприятные показатели на пробной площадке 1 связаны с привнесением на нее насыпных грунтов и проведенной рекультивацией в последний сезон исследований. Таким образом, показатели биологической активности, полученные посредством высева на питательные среды, вполне согласуются с показателями, полученными инструментальными методами.

Заключение

Городская среда и антропогенное воздействие оказывают негативное влияние на микробные сообщества исследуемой территории. Однако можно констатировать, что за годы наблюдений сменился приоритетный источник загрязнения территории. Если ранее таковым являлся завод им. Хруничева, то в последние годы им стали строительство и усиленная эксплуатация рекреационных зон.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Ананьева Н.Д.** Микробиологические аспекты самоочищения и устойчивости почв. М.: Наука, 2003. — 2. **Герасимова М.И., Строганова М.Н., Можарова Н.В., Прокофьева Т.В.** Антропогенные почвы: генезис, география, рекультивация. Смоленск: Ойкумена, 2003. — 3. **Добровольская Т.Г.** Структура бактериальных сообществ почв. М.: Академкнига, 2002. — 4. **Доспехов Б.А.** Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат, 1985. — 5. **Заварзин Г.А., Колотилова Н.Н.** Введение в природоведческую микробиологию. М.: Книжный дом «Университет», 2001. — 6. **Звягинцев Д.Г., Зенова Г.М.** Экология актиномицетов. М.: ГЕОС, 2001. — 7. **Марфенина О.Е., Каравайко Н.М., Иванова А.Е.** Особенности комплексов микроскопических грибов урбанизированных территорий // Микробиология, 1996. Т. 65. № 1. С. 119-124. — 8. **Мишустин Е.Н., Перцовская М.И., Горбов В.А.** Санитарная микробиология почвы. М.: Наука, 1979. — 9. **Мюллер Э., Леффлер В.** Микология. Пер. с нем. М.: Мир, 1995. — 10. Определитель бактерий Берджи. В 2 т. Пер. с англ. / Под ред. Дж. Хоулта, Н. Крига, П. Снита, Дж. Стейли, С. Уильямса. М.: Мир, 1997. — 11. Регуляторная роль почвы в функционировании таежных экосистем / Отв. ред. Г.В. Добровольский. М.: Наука, 2002. — 12. **Степанов А.А., Манучарова Н.А., Смагин А.В. и др.** Характеристика биологической активности микробного комплекса городских почв // Почвоведение. 2005. № 8. С. 978-983. — 13. **Теплер Е.З., Шильникова В.К., Переверзева Г.И.** Практикум по микробиологии. М.: Агропромиздат, 1987.

SUMMARY

It has been shown in the article that city environment has a great influence on microbe associations (communities) formation in soil: a number of bacilli decreases, their atypical kinds for the soil-climatic area are found. On building sites the number of actinomycets goes up while the number of micromycets goes down and the number of nitric bacteria decreases.