

МИКРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА СОСТОЯНИЯ СИСТЕМЫ
ПОЧВА - РАСТЕНИЕ НА СЕНОКОСАХ ПРИ ВНЕСЕНИИ КОМПОСТОВ
НА ОСНОВЕ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД

Л.В. МОСИНА, Г.Е. МЕРЗЛАЯ*

(Кафедра экологии)

В условиях микрополевого опыта на ЦОС ВНИИА изучено последствие компостов различных сроков и способов ферментации на основе осадков сточных вод (ОСВ) г. Москвы на микрофлору дерново-подзолистой почвы. Для сравнения эффективности компостов изучалось действие полного минерального удобрения и навоза КРС на соломенной подстилке. Полученные результаты показали, что при внесении компостов происходят некоторые изменения в структуре микробного ценоза, но в целом не нарушаются процессы деструкции и система сохраняет способность к саморегуляции, о чем свидетельствует достоверные прибавки урожая злакового травостоя.

Ключевые слова: агроэкосистемы, аммонификаторы, биологическая активность почвы, глубина минерализационных процессов, деструкция органического вещества, диоксины, метаболиты, микроскопические грибы, мониторинг, непорочные бактерии, осадки сточных вод (ОСВ), почвенные микроорганизмы, саморегуляция, «северные» и «южные» виды бацилл, спорообразующие бактерии, тяжелые металлы (ТМ), химические пестициды.

С развитием промышленности, ростом городов и повышением степени их благоустройства возрастают объемы сточных вод, подвергаемых очистке на станциях аэрации, и их осадков. Так, на Курьяновской станции аэрации г. Москвы суммарное количество осадков достигает 90—100 т/сут [6]. Осадки содержат значительные количества органического вещества (до 60~80%) и могут служить ценными органическими удобрениями [2—5, 8, 9]. Вместе с тем в состав осадков могут входить (и входят) вещества, представляющие серьезную опасность для человека и биосферы в целом. Среди них тяжелые металлы (ТМ), диоксины, пестициды и их метаболиты, добавки и пр. [1—4, 10, 16].

В этой связи необходимо проведение работ по экологической оптимизации использования осадков. Известны различные способы обработки и утилизации осадка: уплотнение, стабилизация (сбраживание) в метантенках, обезвоживание (на центрифугах, фильтр-прессах, иловых площадках) и др. [1—4, 10—12, 14]. Между тем обработка осадков обходится дорого, составляет 50—100% затрат на очистку стоков [6]. При этом необходим поиск способов переработки осадков, эффективных и в экономическом, и в экологическом отношении и пригодных для конкретных местных условий. К одному из таких способов, получивших наибольшее распространение в последнее время, относит-

* ВНИИА имени Д.Н. Прянишникова.

ся компостирование. При внесении компостов на основе осадков в почву важное значение имеет долговременный мониторинг состояния системы почва - растение с целью установления возможности их длительного и безопасного для окружающей среды последствия [13, 14].

В экологическом аспекте для безопасного применения ОСВ наиболее объективным критерием является реакция живых организмов, одними из которых выступают почвенные микроорганизмы.

Нормальное функционирование почвенной микробиоты определяет границы (пределы) экологической устойчивости агроэкосистемы, сохранение почвенного плодородия и «здоровья» почвы и гарантию получения экологически безопасной с.-х. продукции. Между тем изученность этого вопроса крайне слабая [17], а имеющиеся немногочисленные литературные данные носят противоречивый характер. Например, в многолетних опытах, проводимых на Ротамстедской опытной станции, при удобрении почв осадком спустя 25 лет микробная биомасса была почти вдвое ниже, чем в контроле [18]. Симбиотическая и несимбиотическая фиксация азота также снижалась [17]. В работе [4] показано стимулирующее влияние осадка сточных вод на микрофлору почв в начале их освоения. Бесспорно, на биологическую активность почвы при внесении осадка влияет множество факторов, относящихся как к почвенно-климатическим, так и к качеству и состоянию самого осадка, что необходимо учитывать для оценки его экологической безопасности.

Объекты и методы исследования

Целью нашей работы явилось изучение функционирования аэробной гетеротрофной микрофлоры почвы при использовании компостов из двух ви-

дов осадков г. Москвы. Исследования проводили в условиях микрополевого опыта, заложенного в 2000 г. на дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почве ЦОС ВНИИА. Опыт проводили в сосудах без дна размером 0,5 x 0,5 x 0,4 м в 3-кратной повторности. В 2000 г. проведен посев ежи сборной сорта ВИК 61 под покров ячменя сорта Зазерский 85. Опыт заложен в рамках международной программы INCO-Copernicus.

Схема опыта: 1 — контроль без удобрений, 2 — компост 1, 10 т/га, 3 — компост 1, 35 т/га, 4 — компост 2, 10 т/га, 5 — компост 2, 35 т/га, 6 — навоз, 10 т/га, 7 — навоз, 35 т/га, 8 — минеральные удобрения — N180P60K100.

Компост 1 приготовлен из осадка, поступающего непосредственно с фильтр-прессов Курьяновской станции аэрации. Компост 2 готовили из осадка сточных вод после 10 лет размещения на иловых площадках. Компостирование осадков проводили при добавлении древесных опилок в количестве 10% к массе смеси по сухому веществу. Для сравнительного изучения эффективности компостов использовали навоз крупного рогатого скота на соломенной подстилке.

Все органические удобрения в двух изучаемых дозах внесены в почву в 2000 г., в последующие годы изучали их последствие. Минеральные удобрения (двойной суперфосфат, аммиачная селитра, хлористый калий) вносили ежегодно. Исследуемые компосты характеризовались разным содержанием ТМ и мышьяка (табл. 1) и разным химическим составом (табл. 2).

В слое почвы 0—20 см содержалось органического углерода 0,8%, P_2O_5 — 118 мг/кг, K_2O — 119 мг/кг при $pH_{ксл}$ 4,6; в слое 20—40 см органического углерода — 0,7%, P_2O_5 — 100 мг/кг, K_2O — 70 мг/кг при $pH_{ксл}$ 4,3.

Таблица 1

Содержание тяжелых металлов и мышьяка в компостах, мг/кг сухого вещества

ТМ	Навоз	Компост 1	Компост 2	Допустимое содержание в ОСВ (ГОСТ Р 17.4.3.07-2001)	
				1	2
Cu	36	425	1452	750	1500
Pb	6	50	167	250	500
Cr	60	147	774	500	1000
Cd	2	8	42	15	30
Zn	160	1743	4589	1750	3500
As	5	11	31	10	20

Таблица 2

Химический состав органических удобрений

Показатель	Навоз	Компост 1	Компост 2
Влажность, %	79,8	71,00	53,7
Сухое вещество, %	20,2	29,0	46,3
pH _{ккл}	7,0	7,4	7,2
Содержание в сухом веществе, %:			
органическое вещество	70,0	52,0	48,0
зола	29,8	48,0	52,0
N _{общ.}	2,7	2,0	2,1
N аммонийный	0,064	0,015	0,014
N нитратный	0,020	0,017	0,039
P ₂ O ₅	2,40	5,27	5,15
K ₂ O	2,11	0,24	0,22
C, %	35,1	26,0	24,0
C : N	13	13	11

Микробиологические исследования проводили для верхнего слоя почвы 10 см по общепринятой методике [7].

В качестве микробиологических показателей определяли следующие: 1 — общую численность микроорганизмов (сумма на МПА и КАА) как показателя биологической активности почвы; 2 — активность процесса аммонификации как первичного процесса деструкции органического вещества; 3 — глубину минерализационных процессов как показателя интенсивности деструкционных процессов и доступности компостов: а) по соотношению спорозоных и неспорозоных бактерий на МПА; б) по участию бацилл в состоянии спор в разложении органического вещества; в) по видовому со-

ставу бацилл с учетом деления их на «северные» и «южные» виды.

Микробиологические посевы осуществляли методом предельных разведений глубинным способом в 3-кратной повторности. Общее количество (микроорганизмов) аммонификаторов определяли путем посева почвенной суспензии на мясопептонный агар (МПА; pH 7,0—7,2): спорообразующие бактерии — путем посева пастеризованной в течение 10 мин почвенной суспензии при 75–80°C на среду, состоящую из равных объемов мясопептонного агара и сусло-агара (МПА, pH 7,2–7,4); общее количество микроорганизмов, использующих минеральные формы азота — на крахмало-аммиачном

агаре (КАА, рН 7,2-7,4); грибы — на подкисленном сусло-агаре (СА рН 5,0-5,5). Численность микроорганизмов, выросших на питательных средах, пересчитывали с учетом влажности на 1 г сухой почвы. Идентификацию бацилл проводили по методике Родиной и определителю Берге [15]. При исследовании микробиологиче-

ской активности в почве определяли также влияние температуры и влажности почвы.

Результаты исследований показали, что в целом компосты на основе осадков не оказывают негативного влияния на микробиологическую деструкцию органического вещества в почве (табл. 3).

Т а б л и ц а 3

Численность аэробных гетеротрофных микроорганизмов в слое 0-10 см дерново-подзолистой почвы (млн/г сухой почвы)

Вариант, т/га	МПА	КАА	Σ
Контроль	4,8 ± 0,04	6,8 ± 0,07	11,6
Компост 1, 10	3,3 ± 0,03	6,4 ± 0,05	9,7
Компост 1, 35	4,6 ± 0,04	4,5 ± 0,04	9,1
Компост 2, 10	4,2 ± 0,04	4,1 ± 0,04	8,3
Компост 2, 35	5,2 ± 0,06	8,1 ± 0,09	13,3
Навоз, 10	4,4 ± 0,04	4,6 ± 0,04	9,0
Навоз, 35	5,5 ± 0,02	6,6 ± 0,06	12,1
N180P60K100	2,6 ± 0,02	1,9 ± 0,08	4,5

Общая численность микроорганизмов на МПА и КАА в вариантах опыта близка к контрольному (11,6 млн клеток) и колеблется от 9,1 до 13,3 млн в 1 г сухой почвы. Исключение составляет вариант с внесением 10 т/га компоста из осадка длительного срока хранения, где численность микроорганизмов 8,3 млн (компост 2). Возможно, снижение связано с более высокой кислотностью почвы. Величина pH_{KCl} почвы в рассматриваемом

варианте равнялась 4,1 против 4,7 при внесении максимальной дозы (35 т/га) компостов 1 и 2.

Гидротермический режим в исследуемых вариантах опыта примерно идентичный (табл. 4), поэтому имеющиеся различия в микробной компоненте связаны с видами органических и минеральных удобрений.

Температура верхнего слоя 10 см колеблется незначительно — от 17,7 до 18,8°C, также незначительно из-

Т а б л и ц а 4

Почвенно-экологическая характеристика вариантов опыта (в верхнем слое 10 см)

Вариант, т/га	Температура почвы, °С	Влажность почвы, %	pH_{KCl}
Контроль	18,3	12,1	4,0
Компост 1, 10	18,5	11,3	4,3
Компост 1, 35	17,8	14,4	4,7
Компост 2, 10	17,7	14,0	4,1
Компост 2, 35	18,2	12,3	4,7
Навоз, 10	18,1	12,6	4,2
Навоз, 35	17,9	13,9	4,6
N180P60K100	18,8	12,0	3,8

меняется и влажность почвы по вариантам опыта: от 11,3 до 14,4%. Исследуемые варианты существенно различаются по показателям почвенной кислотности: она изменяется в диапазоне от 4,7 до 3,8 рН. Особенно выделяется вариант с внесением полного минерального удобрения. Это, вероятно, связано с тем, что вносимые минеральные удобрения являются физиологически кислыми.

Численность аммонифицирующих микроорганизмов (на МПА) колеблется от $2,6 \pm 0,02$ до $5,2 \pm 0,06$ млн клеток в зависимости от количественного и качественного состава вносимых органических веществ. Наиболее активно процесс аммонификации протекает при внесении в почву компоста из осадка после 10-летнего хранения в дозе 35 т/га (компост 2) — $5,2 \pm 0,06$ млн клеток и менее активно — на фоне полного минерального удобрения ($2,6 \pm 0,02$ млн). Такое снижение интенсивности процесса аммонификации на фоне минерального удобрения объясняется, вероятно, подкислением почвенного раствора в результате внесения физиологически кислых минеральных удобрений. Кислотность почвы в этом варианте самая высокая в опыте (рН_{кел} 3,8).

При сравнении действия двух видов компостов (компост 1 и компост 2) на активность процесса аммонифика-

ции установлено преимущество (хотя и на уровне тенденции) компоста из осадка 10-летнего размещения на иловой площадке за счет его ферментации (компост 2). Причем эта закономерность в большей мере проявилась при повышении дозы внесения компоста в почву.

Процесс аммонификации как начальный этап трансформации органического вещества осуществляется в основном неспороносными бактериями рода *Pseudomonas* (*Ps. fluorescens* и *Ps. herbicola*) (табл. 5).

Согласно проведенным исследованиям, на долю *Pseudomonas* в составе аммонификаторов приходится 74-88%. Спорообразующие бактерии в активном состоянии (вегетативные клетки бацилл) составляют 12-26% (рис. 1).

Изменение соотношения спороносных и неспоровых бактерий в разных видах компоста свидетельствует, с одной стороны, о различной доступности компостов в связи с увеличением в них содержания ТМ, а с другой — об изменении глубины минерализационных процессов.

Увеличение доли спорообразующих бактерий (26%) на фоне максимальной дозы компоста (компост 2, 35 т/га) вполне логично объяснимо в связи с большей степенью загрязнения (в несколько раз) данного компо-

Т а б л и ц а 5

Качественный состав аммонифицирующих организмов
(% от общего количества на МПА)

Вариант, т/га	Микроорганизмы рода <i>Pseudomonas</i>			Спорообразующие бактерии	
	Σ	<i>Ps. fluorescens</i>	<i>Ps. herbicola</i>	всего	в т.ч. <i>Bac. mycoides</i>
Контроль	82	78	4	18	4
Компост 1, 10	84	79	5	16	2
Компост 1, 35	78	73	5	22	5
Компост 2, 10	86	80	6	14	3
Компост 2, 35	74	68	6	26	4
Навоз, 10	76	70	6	24	4
Навоз, 35	74	69	5	26	5
N180P60K100	88	84	4	12	4

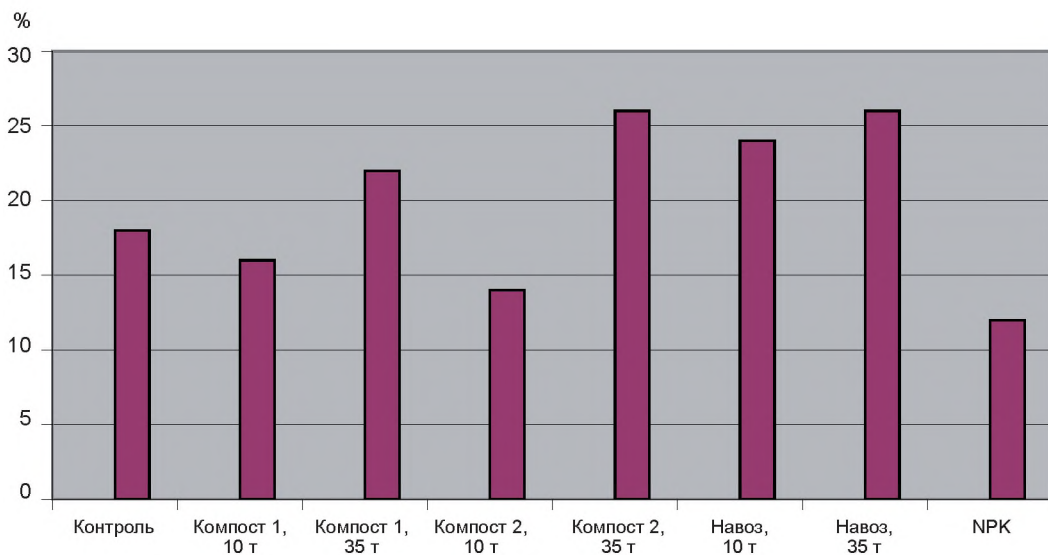


Рис. 1. Содержание вегетативных клеток бацилл (% от общего количества клеток на МПА)

ста, особенно элементами 1-го класса опасности: Pb — в 3 раза, Cd — в 5 раз, As и Zn — примерно в 3 раза, Си и Сг — в 3~4 раза (см. табл. 5). То есть при внесении более загрязненного компоста в процессы трансформации включаются микроорганизмы с более мощным ферментативным аппаратом.

Снижение (в 1,5-2 раза) клеток спорообразующих бактерий, участвующих на более поздних этапах распада органического вещества в варианте с полным минеральным удобрением, указывает на ослабление интенсивности минерализационных процессов, вызванного, главным образом, подкислением почвенного раствора.

Высокое содержание бацилл в активном (вегетативном) состоянии в варианте с навозом (22-26%) обусловлено сложившимися более благоприятными в связи с меньшим загрязнением удобрения ТМ (см. табл. 1) условиями для разложения органического вещества.

Анализ видового состава бацилл (табл. 6) показал, что в исследуе-

мых почвах встречаются виды, характерные для дерново-подзолистых почв. Значительная доля бацилл (более 50%) представлена «северными» видами. Среди них *Bac. cereus*, *Bac. virgulus*, *Bac. agglomeratus*, *Bac. mycoides*. При внесении компостов, особенно из осадка длительного срока хранения (компост 2), в составе спорообразующих бактерий увеличивается доля «южных» видов: *Bac. mesentericus* — *Bac. subtilis*, *Bac. megatherium*, *Bac. idosus* (14-24%), т.е. организмов с более мощным ферментативным аппаратом. При этом максимальное количество данных видов было при внесении компоста 2 в дозе 35 т/га. Высокое содержание бактерий данных видов отмечено и в варианте с навозом, особенно в дозе 35 т/га (соответственно 29 и 35%). То есть навоз на соломенной подстилке представляет собой наиболее благоприятную среду для развития микроорганизмов и для глубоких деструкционных процессов.

Высокое содержание «северных» видов (около 56%) на фоне полного минерального удобрения обусловле-

Видовой состав спорообразующих бактерий (% от общего числа на МПА и СА)

Вариант, т/га	«Северные» виды					«Южные» виды			
	<i>Bac. cereus</i>	<i>Bac. virgulus</i>	<i>Bac. agglomeratus</i>	<i>Bac. mycoides</i>	Σ. %	<i>Bac. mesentericus — Bac. subtilis</i>	<i>Bac. megatherium</i>	<i>Bac. idosus</i>	Σ. %
Контроль	16	20	14	10	60	1	1	10	12
Компост 1, 10	16	15	17	4	52	2	1	8	11
Компост 1, 35	14	16	16	6	52	3	2	9	14
Компост 2, 10	15	14	15	6	50	2	1	12	15
Компост 2, 35	12	14	14	6	46	8	3	13	24
Навоз, 10	12	14	16	7	49	9	5	15	29
Навоз, 35	12	12	10	6	40	10	7	18	35
N180P60K100	14	16	14	12	56	1	2	8	11

но, с одной стороны, приуроченностью их к условиям с повышенной кислотностью почв, а с другой — начальной стадией деструкции органического вещества, т.е. менее глубокими процессами минерализации. Данные видового состава спорообразующих бактерий подтверждают вышеуказанное положение об изменении

структуры бациллярного населения при деструкции более загрязненных ТМ компостов на основе ОСВ.

На фоне ежегодного внесения в почву полного минерального удобрения, когда улучшается ее азотный режим, при относительно низком содержании «южных» видов бацилл (рис. 2) появляется *Bac. megatherium*

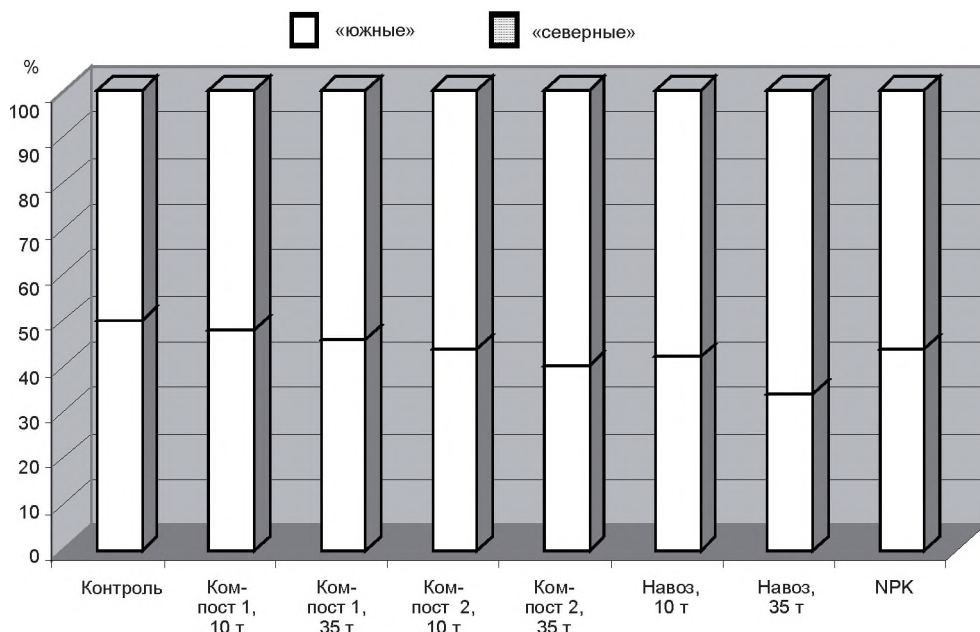


Рис. 2. Соотношение «северных» и «южных» видов бацилл в почве

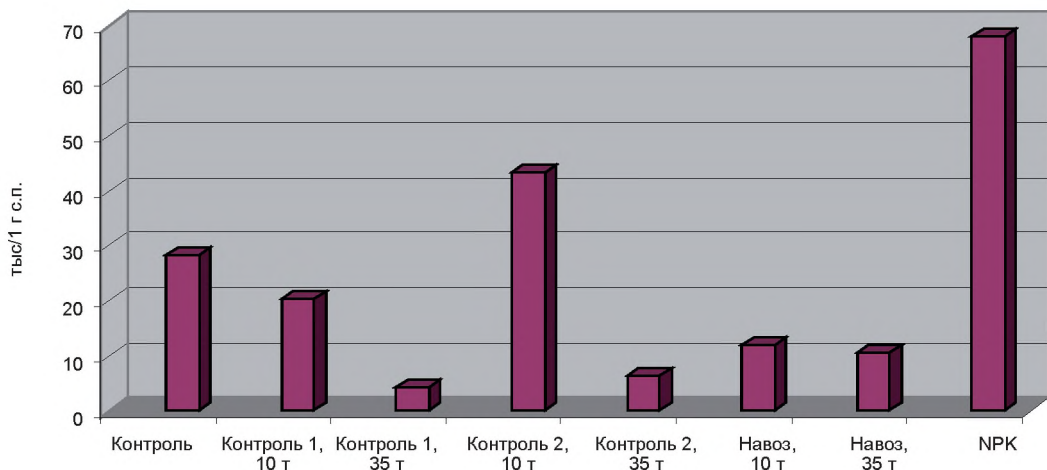


Рис. 3. Количество микроскопических грибов (тыс./г сухой почвы)

ит — индикатор хорошей обеспеченности почвы азотом.

Численность микроскопических грибов колеблется существенно — от 68 до 4,5 тыс. клеток в 1 г сухой почвы. Максимальное количество отмечается на фоне минеральных удобрений, что связано с их подкисляющим действием (рис. 3).

Таким образом, при внесении в почву более загрязненных ТМ компостов в процесс трансформации их активнее включаются микроорганизмы с более мощным ферментативным

аппаратом, что в целом не нарушает процессов деструкции органического вещества: в вариантах с внесением компостов в высоких дозах в среднем за годы опыта получены достоверные прибавки урожая злаковых травостоев (табл. 7).

Полученные результаты дают представление о достаточной экологической емкости данной экосистемы, которая позволяет сохранять способность к саморегуляции, что делает применение указанных компостов на основе ОСВ экологически приемлемыми.

Т а б л и ц а 7

**Урожайность многолетних трав
в среднем за 2000-2008 гг.**

Вариант, т/га	Урожайность, г к.е./м ²	Прибавка	
		г к.е./м ²	%
Контроль	159,9	—	—
Компост 1, 10	194,1	34,2	21,4
Компост 1, 35	259,8	99,9	62,5
Компост 2, 10	192,6	32,7	20,4
Компост 2, 35	225,7	65,8	41,1
Навоз, 10	217,7	57,8	36,1
Навоз, 35	322,1	162,2	101,4
N180P60K100	450,4	290,6	181,7
HCP ₀₅	57,9		

Выводы

1. Процесс деструкции органического вещества в данной экосистеме определяется двумя существенными факторами: кислотностью почвенного раствора и степенью загрязнения почв тяжелыми металлами, причём первый действует в большей степени. С увеличением почвенной кислотности существенно снижается биологическая активность почвы.

2. Аммонификация как первичный процесс деструкции органического вещества протекает в основном

при участии неспороносных бактерий рода *Pseudomonas*: *Ps. fluorescens* и *Ps. herbicola*. Доля участия их в этом процессе 74-88%.

3. При внесении компостов разных способов ферментации и разных сроков хранения в повышенных дозах увеличивается (примерно в 1,5 раза) доза бацилл, т.е. микроорганизмов с более мощным ферментативным аппаратом (с 18% в контроле до 22 и 26% на фоне компоста 35 т/га), что подтверждается данными видового состава спорообразующих бактерий. На фоне вне-

сения компоста 35 т/га возрастает содержание *Bac. mesentericus*, *Bac. subtilis*, *Bac. megatherium*, *Bac. idosus*, т.е. «южных» видов при снижении численности зародышей *Bac. cereus*, *Bac. virgulus*, *Bac. agglomeratus*. Действие компостов на основе ОСВ по суммарной биологической активности аналогично действию азота. То есть происходит естественная саморегуляция микробного ценоза, что свидетельствует о достаточном пределе устойчивости данной экосистемы при внесении компостов на основе ОСВ.

Библиографический список

1. *Евилевич А.З., Евилевич М.А.* Утилизация осадков сточных вод. JL: Стройиздат, 1988.
2. *Иванов И.А., Иванова В.Ф. и др.* О возможности использования осадка городских сточных вод в качестве органического удобрения // *Агрохимия*, 1996. № 3. С. 85-91.
3. *Курганова Е.В., Копейкина О.А., Гюнтер Л.И., Беляева С.Д.* Комплексная оценка осадков сточных вод // *Агрохич. вестник*, 1999. № 3. С. 53-58.
4. *Малышев А.В., Костин В.И.* Влияние осадков сточных вод как удобрений на биологическую активность почвы // *Оптимизация применения удобрений и обработки почвы в условиях лесостепи Поволжья*. Ульяновск, 1995. С. 21-26.
5. *Мерзлая Г.Е., Зябкина Г.А., Нестеревич И. А., Фомкина Т.П.* Агроэкологическая оценка использования осадка сточных вод // *Агрохимия*, 1995. №5. С. 102-108.
6. *Методы и инженерные решения проблемы обработки и утилизации осадка сточных вод*. М.: Прима-Пресс, 2000.
7. *Методы почвенной микробиологии и биохимии* / Под ред. Д.Г. Звягинцева. Изд. 2-е перераб. и доп. М.: Изд. МГУ, 1991.
8. *Покровская С.Ф., Касатилов В.А.* Использование осадка городских сточных вод в сельском хозяйстве. М.: ВНИИТЭИ-Агропром., 1987.
9. *Решецкий М.П., Каликинский А.А.* Удобрительная ценность ОСВ. Итоги НИР за 1974 г. Вильнюс, 1976.
10. *Справочная книга по производству и применению органических удобрений*. Владимир, 2001.
11. *Технология приготовления осадка и технические средства для ее реализации* / Меркурьев В.С, Жирков Е.П., Михалева Т.Ф. / Сб. науч. тр. М.: НИИССВ «Прогресс», 1998. С. 180-187.
12. *Цуркан М.А., Архип О.Д., Руссу А.П.* Городские отходы и способы их утилизации. Кишинев: Штиница, 1989.
13. *Чеботарев Н.Т.* Осадки сточных вод на удобрение // *Агрохимический вестник*. 1999. № 5. С. 39-40.
14. *Экологически безопасные методы использования отходов* / Под ред. Г.Е. Мерзлой и Р.П. Воробьевой. Барнаул: Изд. Алт. ун-та, 2000.
15. *Bergey D.* *Manul of determinative bacteriology*. Baltimore, 1948.
16. *Burkhand C., Insam H., Hutchinson T.C., Reber H.H.* Impact of heavy metals on the degradative capabilities of soil bacterial communities. *Biol. Fertil. Soils.*, 1993. Vol. 16. № 2. P. 154-156.

17. McGrath S.P., Brookes P.C., Giller K.E. Long — term biological effects of metals after application of sewage sludge. J. Sc. Food Agr, 1987.

18. Rauta C. et. al. Unele aspecte privind evolutia poluapiei soluriel agricole in Romania. Agrochim. Bucuresti, 1989. 49.

Рецензент — д. б. н. В.Т. Емцев

SUMMARY

Aftereffect of composts having different time and ways of fermentation, under conditions of a microfield test, at the central experimental station of VNIIA, on sod-podsol soil microflora has been explored. The effect of both complete mineral fertilizer and manure from cattle on a straw bedding has been investigated in order to compare waste water deposit efficiency. The results obtained show that application of composts, based on waste water depositions, results in some changes in microbial coenosis structure, but, on the whole, destruction processes do not stop and the system retains the ability to regulate itself, self-regulation occurs.

Key words: agroecosystems, ammonificators, biological soil activity, depth of mineralization processes, organic matter, destruction, dioxins, metabolites, microscopic fungi, monitoring, waste water deposits, heavy metals.

Мосина Людмила Владимировна — д. б. н., РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева. Тел. 976-22-75.

Мерзлая Генриэта Егоровна — д. с.-х. н., ВНИИ А имени Д.Н. Прянишникова. Тел. 976-11-91. Эл. почта: info@vniia-pr.ru.