

УДК 579.26

Т. Х. Гордеева, О. В. Малюта, Н. Н. Гаврицкова

МИКРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ ИНДИКАЦИЯ ПОЧВЕННО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ НЕТРАДИЦИОННЫХ МЕЛИОРАНТОВ

Исследовано микробиологическое состояние дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы, мелиорированной нетрадиционным органическим удобрением на основе осадков сточных вод. Оценку проводили по трем группам показателей: биологическая активность почвы (протеазная, аммонифицирующая, целлюлозоразрушающая); численность и функциональное разнообразие почвенных микроорганизмов; эколого-трофическая структура микробного комплекса почвы. Установлено, что удобрения активизируют почвенно-микробиологические процессы, усиливая минерализацию углерод- и азотсодержащих органических соединений, что способствует накоплению элементов питания для растений.

Ключевые слова: почвенные мелиоранты; биологическая активность; микробиоценоз; качество среды.

Введение. Несоблюдение принципов рационального природопользования привело к изъятию огромных площадей из сельскохозяйственного и лесохозяйственного использования, а также к деградации земель [1]. Одним из способов восстановления природной среды, и в частности почв, является рекультивация. В настоящее время достаточно широко применяются для рекультивации нарушенных земель нетрадиционные почвенные мелиоранты на основе отходов производства и потребления. Создание таких мелиорантов достаточно актуально, так как позволяет решить ряд экологических проблем. Во-первых, получить новые композиции удобрений, обладающих хорошими мелиорирующими свойствами, для использования на территориях, нуждающихся в реабилитации, во-вторых, решается проблема утилизации отходов. Однако созданные композиции, помимо положительных свойств, нередко приобретают, в результате взаимодействия компонентов, нежелательные характеристики, в частности – токсичность, поэтому при использовании подобных мелиорантов необходимо обеспечить экологическую безопасность для окружающей среды и контроль качества мелиорируемых почв.

Целью работы являлась оценка влияния нетрадиционных почвенных мелиорантов на биологическую активность дерново-подзолистой почвы.

Методика и объекты исследований. Исследования проводили на территории Кокшайского лесничества Республики Марий Эл, отведенной под новый лесной питомник. Почвенный покров лесного питомника представлен дерново-среднеподзолистой легкосуглинистой почвой на покровных суглинках (поле: гумус – 0,96 %, калий – 6,2 мг/кг, фосфор – 9,45 мг/кг, рН – 4,99; лес: гумус – 1,86 %, калий – 5,2 мг/кг, фосфор – 8,1 мг/кг, рН – 4,44).

Объектом исследований была почва лесного питомника, мелиорированная нетрадиционным органическим удобрением (НОУ) на основе осадков сточных вод и хвойно-

лиственного опада со сроком компостирования три года в дозе 120 т/га. Отношение осадка к наполнителю 1,4:1. Контролем служил вариант без внесения мелиоранта. На опытном объекте был проведен уравнительный посев злаков (овес) и бобовых (горох). Повторность опыта – трехкратная. В качестве экологического контроля оценивали почву целинной территории (лес), прилегающей к питомнику. Состав древостоя: 5Б4С1Лп; А=60 лет, Р=0,8, Н=15 м; подлесок – рябина обыкновенная (*Sorbus aucuparia* L.); подрост – сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.), береза повислая (*Betula pendula* Roth); живой напочвенный покров – земляника лесная (*Fragaria vesca* L.), нивяник обыкновенный (*Leucanthemum vulgare* Lam.), злаки (Poaceae), тысячелистник обыкновенный (*Achillea millefolium* L.) и др. Исследования проводили через три месяца после внесения нетрадиционных мелиорантов.

Биологическую активность почвы оценивали с помощью аппликационных методов, разработанных Е.Н. Мишустиным, И.С. Востровым и А.Н. Петровой [2, 3]. Определение класса опасности органических отходов проводили согласно методикам определения токсичности водных вытяжек из осадков сточных вод по смертности с использованием дафний (*Daphnia magna* Straus) [4], люминесцентных бактерий «Эколюм» [5] и культуры водоросли хлорелла (*Chlorella vulgaris* Beijer) [6].

Образцы почв для микробиологического анализа отбирали из слоя почвы 0–20 см методом Красильникова. Учет численности микроорганизмов проводили традиционным методом, путем посева различных почвенных разведений на агаризованные питательные среды. Бактерии, мобилизующие органические источники азота, учитывали на мясо-пептонном агаре; актиномицеты и бактерии, усваивающие минеральные формы азота, определяли на крахмало-аммиачном агаре; микромицеты – на подкисленной среде Чапека; олиготрофные формы – на почвенном агаре; автохтонные микроорганизмы – на нитритном агаре; спорообразующие бактерии – на мясо-пептонном агаре + сусло-агар; дрожжи – на среде Сабуро; азотфиксирующие бактерии – методом обрастания комочков почвы на среде Эшби [7]. Идентификацию видового состава доминирующих микроорганизмов проводили по определителям и руководствам [8–10]. Общую численность микроорганизмов определяли по методу Виноградского в модификации Шульгиной [2]. Численность эколого-трофических групп почвенной микрофлоры выражали в колониеобразующих единицах на 1 г абсолютно сухой почвы (КОЕ/г). Интенсивность микробиологических процессов минерализации почвенного органического вещества оценивали по индексам олиготрофности $K_{\text{олиг.}} = [\text{олиготрофы} / \text{аммонификаторы}]$, минерализации $K_{\text{мин.}} = [\text{иммобилизаторы} / \text{аммонификаторы}]$, микробиологической трансформации растительных остатков $K_{\text{транс. раст. остат.}} = [(\text{аммонификаторы} + \text{иммобилизаторы}) \times \text{аммонификаторы} / \text{иммобилизаторы}]$ и показателю общей биогенности ПО = бактерии / микромицеты.

Измерение всех параметров проводили в пятикратной повторности. Статистическую обработку результатов проводили с использованием программы Statistica.

Результаты исследований. Оценку токсичности почвенного мелиоранта проводили методами биотестирования с использованием трех тест-организмов: дафний (*Daphnia magna* Straus), люминесцентных бактерий «Эколюм» и культуры водоросли хлорелла (*Chlorella vulgaris* Beijer). Установлено, что применяемое в опыте нетрадиционное органическое удобрение имеет четвертый класс опасности для окружающей среды, т.е. наблюдается слабая токсичность (табл. 1).

Проведение микробиологического анализа показало, что в почвенной микрофлоре исследованных почв доминирующее положение занимает бактериальный комплекс численностью порядка 4,5 – 17,7 млн. КОЕ/г абсолютно сухой почвы. Доля содержания

микробиотического комплекса незначительна, его численность варьирует от 85,0 тыс. КОЕ/г абсолютно сухой почвы и ниже.

Таблица 1

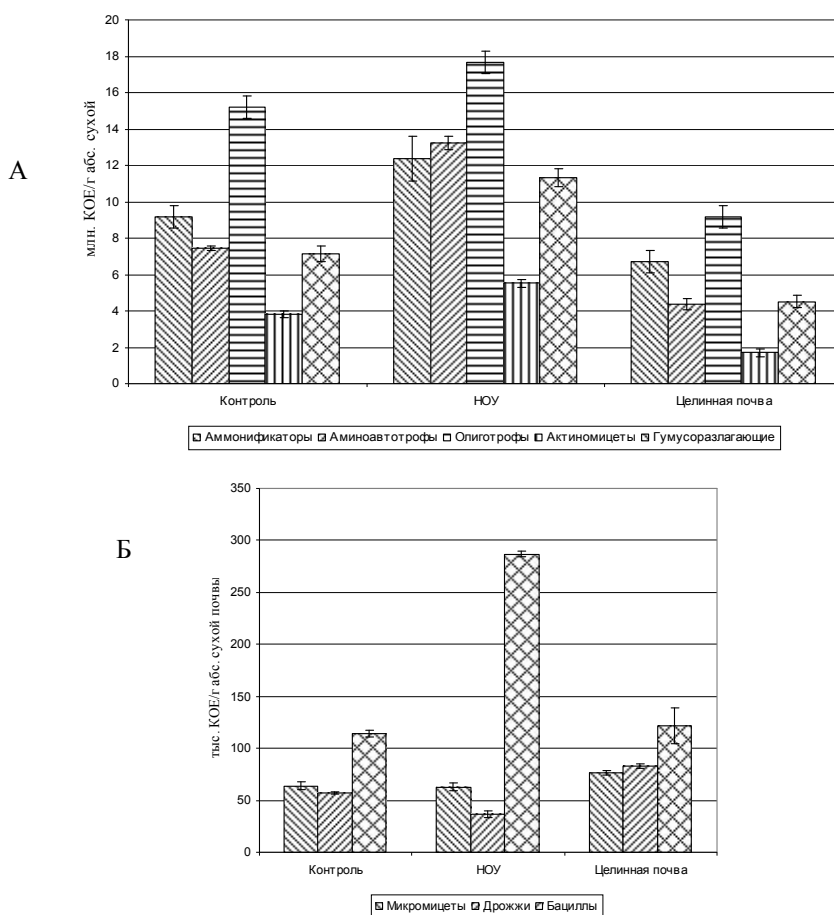
Определение класса опасности отходов методами биотестирования с использованием дафний, бактерий и водорослей

Показатели токсичности в тесте с дафниями			Показатели токсичности в тесте с бактериями		Показатели токсичности в тесте с водорослями		Класс опасности отхода
ЛКР ¹ ₍₅₀₋₄₈₎	БКР ² ₍₁₀₋₄₈₎	Класс опасности	Т-индекс токсичности	Класс опасности	ТКР ³ _(+20/30-22)	Класс опасности	
-	1	V	-13,56	V	7,76	IV	IV

Примечание: 1 – летальная кратность разведения; 2 – безопасная кратность разведения; 3 – токсичная кратность разведения.

Почвенные образцы характеризуются содержанием микробного пула порядка 10^8 - 10^9 КОЕ/г. Наиболее высокий запас микроорганизмов установлен в целинной почве – 1,8 млрд. КОЕ/г, несколько ниже в почве, мелиорируемой нетрадиционным органическим удобрением, – 1,4 млрд. КОЕ/г, минимальный микробный пул 1,1 млрд. КОЕ/г – в контрольной почве.

Анализ численности основных физиологических групп микроорганизмов показал (см. рис.), что внесение компоста на основе осадков сточных вод увеличивает количество гетеротрофных микроорганизмов по сравнению с неудобренной почвой.



Численность (А, Б) основных физиологических групп микроорганизмов в дерново-подзолистой почве

Численность аммонифицирующих бактерий в почве, мелиорированной нетрадиционным органическим удобрением, увеличивается в 1,4 раза по сравнению с контрольными значениями и в 1,9 раза по сравнению с целинной почвой. Наименьшая численность аммонификаторов отмечается в почве лесного фитоценоза.

Выраженный стимулирующий эффект компоста на основе осадков сточных вод на гетеротрофный блок микроорганизмов, по-видимому, связан как большим количеством органического вещества, вносимого с компостом, так и с наличием в его составе в качестве наполнителя целлюлозы, также являющейся субстратом для гетеротрофов, но более устойчивой к разложению. По данным [11], стимуляция гетеротрофного блока микроорганизмов, особенно таких быстрорастущих, как бактерии, обеспечивается дополнительным внесением органического вещества осадков.

Среди копиотрофов доминируют бактерии, усваивающие подвижные формы минерального азота. Их численность в мелиорированной почве увеличивается в два раза по сравнению с контролем. Преобладание микроорганизмов, усваивающих минеральные соединения азота, над микроорганизмами, ассимилирующими его органические формы, указывает на высокую интенсивность процессов микробиологической минерализации органического вещества, о чем свидетельствует и коэффициент минерализации, который в этом варианте больше 1. Это подтверждают и высокие показатели коэффициента олиготрофности и микробной трансформации растительных остатков, отражающие уровень интенсивности мобилизационных процессов в почве (табл. 2). В целинной почве аммонифицирующие микроорганизмы преобладают над минерализаторами: количество аминоавтотрофов было минимальным.

Таблица 2

Активность микробиологических процессов в дерново-подзолистой почве

Вариант опыта	Коэффициент			Относительный показатель	
	Минерализации	Олиготрофности	Микробной трансформации растит. остатков	Биогенности почвы	Плотности азотфиксирующей микрофлоры, %
Контроль	0,76	1,65	21,29	146,03	62
Почва, модифицированная НОУ	1,24	1,43	24,01	193,75	9
Целинная почва (лес)	0,66	1,37	16,90	78,82	30

В то же время численность олиготрофных микроорганизмов, извлекающих мономерные соединения при низкой их концентрации в среде, достаточно велика, что свидетельствует о низкой трофности исследуемых почв.

В почве, мелиорированной компостом на основе осадков сточных вод, усиливаются процессы трансформации гумусовых веществ почвы. Численность автохтонной микрофлоры увеличивается в почве опытного варианта в 1,6 раза. Возрастание количества автохтонной микрофлоры, специализирующейся на разложении сложных соединений в почве на ранних этапах рекультивации, вероятно, свидетельствует о более высокой степени гумифицированности органического вещества компостов. Наименьшее количество гумусоразлагающих микроорганизмов отмечается в целинной почве (смешанный лес). Процесс трансформации гумуса протекает здесь менее активно и создаются предпосылки для его синтеза.

Следует отметить невысокую численность микроскопических грибов в составе микробных комплексов исследуемых почв (их количество варьируется от 85,0 тыс. КОЕ/г и ниже) и высокое процентное содержание актиномицетов (до 27–35 % от общего числа микроорганизмов, выросших на крахмало-аммиачном агаре). Наибольшая численность микромицетов выявлена в почве смешанного леса. Внесение компоста на основе осадков сточных вод не оказывало существенного влияния на количество грибов. В почве, мелиорированной нетрадиционным органическим удобрением, численность микромицетов отмечается на уровне контрольных значений. Относительный показатель биогенности почвы, отражающий соотношение численности бактерий и грибов, изменялся с достаточно широкой амплитудой: от 78,82 (целинная почва) до 193,75 (при внесении удобрений) и располагался в порядке снижения величины относительно показателя биогенности следующим образом: лес < контроль < мелиорант.

Характер изменения численности актиномицетов связан с их непосредственным участием в разложении клетчатки. Актиномицеты появляются на более поздних стадиях минерализации органических веществ в почве. Они способны использовать в процессе своей жизнедеятельности в качестве источника углерода и энергии вещества, не доступные для бактерий: труднодоступные компоненты растительных тканей, гумусовые вещества и даже лигнин. В почве, мелиорированной нетрадиционным органическим удобрением на основе осадков сточных вод, численность актиномицетов увеличивается по сравнению с контрольной почвой, что свидетельствует о стимуляции процессов разложения труднодоступных органических веществ. Увеличение количества актиномицетов скорее всего объясняется тем, что наличие тяжелых металлов в осадках сточных вод, используемых в компосте, вызывает перераспределение в структуре микробного сообщества в сторону более устойчивых организмов – микромицетов и актиномицетов, которые являются основными деструкторами сложных биополимеров в почве [12]. Наименьшая численность актиномицетов отмечается в целинной почве.

В почве с внесением мелиоранта увеличивается удельный вес спорообразующих бактерий. Изменение соотношения спороносных и неспороносных бактерий в почве, мелиорированной компостом на основе осадка сточных вод, свидетельствует, с одной стороны, о степени доступности удобрения, а с другой – об изменении глубины минерализационных процессов. Увеличение доли спорообразующих бактерий в два раза по сравнению с контрольными значениями свидетельствует о том, что в процессы трансформации включаются микроорганизмы с более мощным ферментативным аппаратом.

Анализ видового состава бацилл (табл. 3) показал, что в исследуемых почвах встречаются виды, характерные для дерново-подзолистых почв. Значительная доля бацилл (более 60 %) представлена группой *Bacillus cereus*, *B. mycoides*, *B. agglomeratus*, *B. virgulus*. При внесении компоста в составе спорообразующих бактерий увеличивается доля термофильных видов: *B. mesentericus*, *B. subtilis*, *B. megatherium*, *B. idosus* (до 17 %), то есть организмов с более мощным ферментативным аппаратом.

Таблица 3

Видовой состав спорообразующих бактерий (% от общего числа микроорганизмов, выросших на мясо-пептонном агаре + сусло - агар)

Вариант опыта	<i>Bacillus</i>				Σ %	<i>Bacillus</i>				Σ %
	<i>cereus</i>	<i>virgulus</i>	<i>agglomeratus</i>	<i>mycoides</i>		<i>mesentericus</i>	<i>idosus</i>	<i>subtilis</i>	<i>megatherium</i>	
Контроль	28	7	18	3	56	2	2	2	2	8
Почва, модифицированная НОУ	33	12	20	3	68	4	4	5	4	17
Целинная почва	10	3	12	13	38	1	1	1	1	4

Распространение и активность целлюлозоразрушающих микроорганизмов связаны с наличием минерального азота, т.е. их распространение характеризует обеспеченность почвы азотным питанием высших растений. В структуре целлюлозоразрушающих микроорганизмов контрольной почвы преобладают актиномицеты. Внесение компостируемого нетрадиционного органического удобрения на основе осадков сточных вод несколько увеличивает долю мицелиальной микрофлоры за счет уменьшения доли актиномицетов.

Важную роль в обогащении почвы азотом играют свободноживущие азотфиксирующие микроорганизмы. Процесс азотфиксации зависит от многих факторов: от наличия микроэлементов, кислотности, влажности и др.; этим объясняется его нестабильность. К числу свободноживущих азотфиксаторов относятся бактерии рода *Azotobacter*, наличие которого является индикатором благоприятных свойств почвы. Установлено снижение численности азотобактера в почве с внесением осадков сточных вод. Согласно данным Me Grath [13], почвенные процессы, осуществляемые широким спектром разнообразных микроорганизмов, в частности минерализации органического вещества, не подвержены значительному воздействию умеренных количеств таких токсичных соединений, как тяжелые металлы. Напротив, такие процессы, как азотфиксация и нитрификация, возбудителями которых являются более узкие группы микроорганизмов, наиболее чувствительны к неблагоприятному воздействию тяжелых металлов, поэтому указанный параметр может быть полезным показателем в системе почвенного мониторинга.

Относительно немного в почве, мелиорированной компостом на основе осадков сточных вод, дрожжей. Из типичных почвенных обитателей наиболее часто встречаются липомицеты, использующие углеродные субстраты путем прямого окисления с помощью гидролитических ферментов. Они расщепляют полисахариды и сложные соединения гетероциклического строения. Снижение численности дрожжей в почве опытного варианта объясняется тем, что большинство из них являются азотфиксирующими микроорганизмами.

Таким образом, почвенная биота исследуемых почв включает различные группы микроорганизмов, как активно функционирующие (аммонификаторы, аминоавтотрофы и др.), так и пассивные, что в свою очередь обуславливает поддержание гомеостатического состояния почв.

Изучение видового разнообразия является основой для исследования процессов формирования и функционирования биоценозов. Анализ таксономической структуры микробных сообществ исследованных почвенных проб показал, что в бактериальном комплексе почв с внесением компоста на основе осадка сточных вод ведущее место занимают аспорогенные формы бактерий родов: *Pseudomonas*, *Agrobacterium*, *Micrococcus*, *Streptomyces*, *Bacillus*, *Proteus*, *Mycobacterium*. Присутствие рода *Proteus* указывает на наличие органики животного происхождения. Спорообразующие бактерии представлены в основном видами: *Bacillus cereus*, *Bacillus agglomeratus*, *Bacillus asterosporus*. Реже встречаются виды: *Bacillus subtilis*, *Bacillus mesentericus*, *Bacillus megatherium*. Снижена численность *Bacillus mycoides*, что свидетельствует об усилении минерализационных процессов органического вещества в почве.

Из актиномицетов в почве опытного варианта встречаются роды: *Streptomyces*, *Micromonospora*, *Streptoverticillium* и олигоспоровые актиномицеты. В стрептомицетном комплексе обнаружены виды секции *Cinereus* серий *Chromogenes*, *Aureus*, *Achromogenes* и секции *Helvo-Flavus* *Flavus*.

Родовой состав почвенных дрожжей представлен: *Lipomyces*, *Torula Pers.*, *Candida Berhout*, *Cryptococcus Kutz.*, *Nadsonia Sydow*.

Свободноживущие азотфиксирующие микроорганизмы представлены родом *Azotobacter*, а также дрожжами рода *Lipomyces*, также обладающими азотфиксирующей активностью.

Целлюлозоразрушающий комплекс микроорганизмов представлен микроскопическими грибами родов: *Penicillium Link ex Fries*, *Trichoderma Persoon ex Fries*, *Trichothecium Link ex Fries*; вибрионами – *Vibrio*, *Cellvibrio*; бактериями – *Cytophaga*, *Cellulomonas*, *Bacillus*, *Pseudomonas*.

Наибольшее видовое разнообразие микромицетов отмечается в почве лесного фитоценоза и в почве с внесением нетрадиционного органического удобрения – 23 и 26 видов, соответственно. Наиболее бедный видовой состав представлен в контрольной почве – 15 видов микроскопических грибов. Среди выявленных видов грибов преобладают представители несовершенных гифомицетов и порядка *Mucorales*.

Доминирующими видами микоценоза целинной почвы, выявляемыми с высокой частотой встречаемости (50–100 %), являются: *Mortirella alpine Pyeronel*, *M. marburgensis Linnemann*, *Mucor hiemalis Wehmer*, *Zygorhynchus moelleri Vuill*, *Penicillium tardum Gilman et Abbott*, *P. aurantio-griseum Dierckx*, *P. decumbens Thom*, *P. simplicissimum Thom*, *P. frequentans Westl*, *Chrysosporium pannorum Link*, *Trichoderma lignorum (Tode) Harz*, *Tr. koningii Oudem*.

В почве контрольного варианта доминируют: *Penicillium decumbens Thom*, *P. restrictum Gilman et Abbott*. С высокой частотой встречаемости выявляются также: *Fusarium sambucinum Fuckel*, *F. sporotrichiella Bilai*, *Trichoderma album Preuss*, *Sepedonium chrysospermum (Bulliard) Fries*.

Внесение компоста на основе осадка сточных вод способствует увеличению видового разнообразия микромицетов по сравнению с контрольной почвой. При этом увеличивается частота встречаемости и число видов грибов целлюлозоразрушителей, таких как: *Trichoderma lignorum (Tode) Harz*, *Trichoderma koningii Oudem*, *Alternaria alternata (Fr.) Keissler*, *Trichothecium roseum Link*, *Myrothecium verrucaria Dilmar ex Fries*, *Stachybotrys alternans Bonorden*, *Verticillium cellulosae Daszewska*, *Stemphylium verruculosum Saccardo* и т. д. Уменьшается встречаемость некоторых видов порядка *Mucorales*: родов *Mucor Mich.*, *Mortirella Coem* и рода *Cylindrocarpon Wr.*; *Booth*. В почве с посевом овса и гороха увеличивается видовое разнообразие представителей рода *Fusarium Link* и *Gliocladium Corda*, практически не встречающихся в почве смешанного леса: *Fusarium oxysporum (Schlecht) Snyd. et Hans*, *F. oxysporum var. orthoceras (App. et Wr.) Bilai*, *F. solani (Mart.) App. et Wr*, *F. sambucinum Fuckel*, *F. gibbosum App. et Wr. emend. Bilai*, *F. gibbosum var. acuminatum (Ell. et Ev.) Bilai*, *F. avenacium (Fr) Sacc*, *F. culmorum (Sm.) Sacc*, *Gliocladium roseum (Link) Bain*, *G. varians Pidopl*.

Анализ результатов полевых экспериментов по оценке биологической активности почвы аппликационными методами показал, что применяемый на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве мелиорант не оказывает существенного влияния на аммонифицирующую и протеазную активность. В почве, модифицированной нетрадиционным органическим удобрением, увеличивается целлюлозоразрушающая активность почвы, по сравнению с целинной почвой (табл. 4).

Подсчет индекса токсичности оцениваемого фактора по параметрам биологической активности свидетельствует об отсутствии негативного влияния внесенного мелиоранта. Индекс токсичности варьирует от значений, соответствующих норме, до значений стимуляции. Исключение составляет протеазная активность, где индекс токсичности соответствует значениям слабой токсичности [14], что, вероятно, обусловлено увеличением численности спорогенных форм бактерий и актиномицетов.

Таблица 4

Биологическая активность почвы на объекте исследований

Вариант опыта	Биологическая активность почвы		
	Целлюлозоразрушающая активность	Аммонифицирующая активность	Протеазная активность
Контроль	40,75	7,0	1,42
Почва, модифицированная НОУ	37,76 (ИТФ**=0,92)	7,33 (ИТФ=1,05)	1,21 (ИТФ=0,85)
Целинная почва (лес)	15,26	7,67	1,14
НСР ₀₅	11,79	-*	-*

Примечание: * – различия на 5% -ом уровне значимости не достоверны; ** – индекс токсичности фактора.

Выводы. Внесение нетрадиционного органического удобрения в дерново-подзолистую легкосуглинистую почву на первом этапе мелиорации активизирует почвенно-микробиологические процессы, в том числе и процессы минерализации органических веществ, что способствует накоплению элементов питания для растений. Кроме того, внесение мелиоранта увеличивает видовое разнообразие микроорганизмов различных таксономических групп, что повышает устойчивость микробного комплекса почвы к антропогенному воздействию. Однако использование компоста на основе осадков сточных вод вызывает перераспределение в структуре микробного сообщества в сторону более устойчивых организмов – спорогенных и мицелиальных форм микроорганизмов, которые являются основными деструкторами сложных биополимеров в почве и могут увеличивать ее токсичность, а также снижает активность азотфиксации.

Таким образом, в связи с трансформацией микробного сообщества, влекущей за собой разнонаправленные процессы, применение нетрадиционных удобрений должно сопровождаться созданием системы мониторинга состояния модифицированных почв.

Список литературы

1. Коваленко, В. С. Рекультивация нарушенных земель на карьерах: Учеб. пособие / В.С. Коваленко, Р. М. Штейнцга, Т. В. Голик. – М.: Изд-во Московского государственного горного университета, 2008. – 65 с.
2. Методы почвенной микробиологии и биохимии: Учеб. пособие / Под ред. Д. Г. Звягинцева. – М.: Изд-во МГУ, 1991. – 304 с.
3. Методы стационарного изучения почв / Под ред. А. А. Роде. – М.: Наука, 1977. – С. 277-280.
4. Природоохранные нормативные документы федеративные – ПНД Ф Т 14.1:2:4.12-06 (ПНД Ф Т 16.1:2:3:3.9-06). Токсикологические методы. Методика определения токсичности водных вытяжек из почв, осадков сточных вод и отходов, питьевой, сточной и природной воды по смертности тест-объекта *Daphnia magna* Straus. – Красноярск: Изд-во Красноярского государственного университета, 2006. – 46 с.

References

1. Kovalenko V. S., Shteyntsag R. M., Golik T.V. Rekul'tivatsiya narushennykh zemel' na kar'erakh: Ucheb.posobie [Recultivation of disturbed deposit soils: training manual]. M.: Publishing house of the Moscow State Mining University, 2008. 65 p.
2. Metody pochvennoy mikrobiologii i biokhimii [Methods of soil microbiology and biochemistry: training manual]. edited by D. G. Zvyagintsev. M.: Moscow State University publishing house, 1991. 304 p.
3. Metody statsionarnogo izucheniya pochv [Methods of indoor soils research]. edited by A.A.Rode. M.: Nauka, 1977. P. 277-280.
4. Prirodookhrannye normativnye dokumenty federativnye – PND F T 14.1:2:4.12-06 (PND F T 16.1:2:3:3.9-06). Toksikologicheskie metody. Metodika opredeleniya toksichnosti vodnykh vytyazhek iz pochv, osadkov stochnykh vod i otkhodov, pit'evoy, stochnoy i prirodnoy vody po smertnosti test-ob"ekta *Daphniamagna* Straus [Nature protection normative documents federative – PND of F T 14.1:2:4.12-06 (PND of F T 16.1:2:3:3.9-06). Toxicological methods. Method of toxicity test of water ex-

5. Природоохранные нормативные документы федеративные – ПНД Ф Т 14.1:2:3:4.11-04 (ПНД Ф Т 16.1:2.3:3.8-04). Токсикологические методы. Методика определения токсичности воды и водных вытяжек из почв, осадков сточных вод и отходов по изменению интенсивности бактериальной биолуминесценции тест-системой «Эколюм» на приборе «Биотокс-10». – М.: ООО НЦ «Экологическая перспектива», 2007. – 16 с.

6. Природоохранные нормативные документы федеративные – ПНД Ф Т 14.1:2:3:4.10-04 (ПНД Ф Т 16.1:2.3:3.7-04). Токсикологические методы. Методика определения токсичности проб поверхностных пресных, грунтовых, питьевых, сточных вод, водных вытяжек из почв, осадков сточных вод и отходов по изменению оптической плотности культуры водоросли хлорелла (*Chlorella vulgaris* Beijer). – Красноярск: Изд-во Красноярского государственного университета, 2007. – 36 с.

7. *Теппер, Е. З.* Практикум по микробиологии / Е. З. Теппер, В. К. Шильникова, Г. И. Переверзева. – М.: Дрофа, 2004. – 256 с.

8. *Ramirez, C.* Manual and atlas of the Penicillia / C. Ramirez. – Amsterdam; New York; Oxford: Elsevier Biomedical Press, 1982. – 874 p.

9. *Литвинов, М. А.* Определитель микроскопических почвенных грибов / М. А. Литвинов. – Л.: Наука, 1977. – 303 с.

10. Определитель бактерий Берджи: В 2 т. / Под ред. Дж. Хоулта, Н. Крига, П. Снита и др. – М.: Мир, 1997. – 800 с.

11. *Debosz, K.* Evaluating effects of sewage sludge and household compost on soil physical, chemical and microbiological properties / K. Debosz, S. O. Peterson, L. K. Kure, P. Ambus // Applied Soil Ecology. – . 2002. – Vol. 19. – P. 237-248.

12. *Giller, K. E.* Toxicity of heavy metals to microorganisms and microbial processes in agricultural soils: a review / K. E. Giller, E. Witter, S. P. McGrath // Soil Biol. and Bioch. – 1998. – Vol. 10/11. – P. 1389-1414.

tracts from soils, precipitation of sewage and waste, drinking, waste and natural water based on mortality of *Daphnia magna* Straus test object.]. Krasnoyarsk: Publishing house of Krasnoyarsk State University, 2006. 46 p.

5. Prirodookhrannye normativnye dokumenty federativnye – PND F T 14.1:2:3:4.11-04 (PND F T 16.1:2.3:3.8-04). Toksikologicheskie metody. Metodika opredeleniya toksichnosti vody i vodnykh vytyazhek iz pochv, osadkov stochnykh vod i otkhodov po izmeneniyu intensivnosti bakterial'noy bioluminesstentsii test-sistemoy «Ekolyum» na pribore «Biotoks-10». [Nature protection normative documents federative– PND of F T 14.1:2:3:4.11-04 (PND of F T 16.1:2.3:3.8-04). Toxicological methods. Method of toxicity test of water extracts from soils, precipitation of sewage and waste, drinking, waste and natural water on change of intensity of a bacterial bioluminescence by Ekolyum test system using Biotoks-10 device.]. M.: OOO NTs «Ekologicheskaya perspektiva», 2007. 16 p.

6. Prirodookhrannye normativnye dokumenty federativnye – PND F T 14.1:2:3:4.10-04 (PND F T 16.1:2.3:3.7-04). Toksikologicheskie metody. Metodika opredeleniya toksichnosti prob poverkhnostnykh presnykh, gruntovykh, pit'evykh, stochnykh vod, vodnykh vytyazhek iz pochv, osadkov stochnykh vod i otkhodov po izmeneniyu opticheskoy plotnosti kul'tury vodorosli khlorella (*Chlorellavulgaris* Beijer) [Nature protection normative documents federative – PND of F T 14.1:2:3:4.10-04 (PND of F T 16.1:2.3:3.7-04). Toxicological methods. Method of toxicity test water extracts from soils, precipitation of sewage and waste, drinking, waste and natural water on change of optical density of chlorella algae (*Chlorella vulgaris* Beijer)]. – Krasnoyarsk: Publishing house of Krasnoyarsk State University, 2007. 36 p.

7. *Tepper E. Z., Shil'nikova V. K., Pereverzeva G. I.* Praktikum po mikrobiologii [Workshop on microbiology]. M.: Drofa, 2004. 256 p.

8. *Ramirez C.* Manual and atlas of the Penicillia. Amsterdam; New York; Oxford: Elsevier Biomedical Press, 1982. – 874 p.

9. *Litvinov M. A.* Opredelitel' mikroskopicheskikh pochvennykh gribov [Indicator of microscopic soil fungi]. L.: Nauka, 1977. 303 p.

10. Opredelitel' bakteriy Berdzhii: V 2 t. [Bergey's manual: In 2 vol] edited by J. Hoult, N. Kriga, P. Snita, et al. M.: Mir, 1997. 800 p.

11. *Debosz K., Peterson S. O., Kure L. K., Ambus P.* Evaluating effects of sewage sludge and household compost on soil physical, chemical and microbiological properties. Applied Soil Ecology. 2002. Vol. 19. P. 237-248.

12. *Giller K. E., Witter E., S. P. McGrath.* Toxicity of heavy metals to microorganisms and microbial processes in agricultural soils: a review. Soil Biol. and Bioch. 1998. Vol. 10/11. P. 1389-1414.

13. *McGrath, S. P.* Long-term effects of metal in sewage sludge on soils, microorganisms and plants / S. P. McGrath, A. M. Chaudri, K. E. Gillr // J. Industrial Microbiology. – 1995. – Vol. 14. – P. 94-104.

14. *Кабилов, Р. Р.* Разработка и использование многокомпонентной тест-системы для оценки токсичности почвенного покрова городской территории / Р. Р. Кабилов., А. Р. Санитова, Н. В. Суханова // Экология. – 1997. – № 6. – С. 411.

13. *McGrath S. P., Chaudri A. M., Gillr K. E.* Long-term effects of metal in sewage sludge on soils, microorganisms and plants. J. Industrial Microbiology. 1995. Vol. 14. P. 94-104.

14. *Kabirov R. R., Sanitova A. R., Sukhanova N.V.* Razrabotka i ispol'zovanie mnogokomponentnoy test-sistemy dlya otsenki toksichnosti pochvennogo pokrova gorodskoy territorii [Development and use of multicomponent test system for toxicity assessment of soil in urban area]. Ekologiya [Ecology]. 1997. No 6. P. 411.

Статья поступила в редакцию 18.09.12.

Работа выполнена в рамках реализации ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007–2013 годы» (ГК № 16.552.11.7050 от 29 июля 2011 г. и № 16.552.11.7089 от 12 июля 2012 г.) с использованием оборудования ЦКП «ЭБЭЭ» ФГБОУ ВПО «ПГТУ».

ГОРДЕЕВА Татьяна Харитоновна – кандидат биологических наук, доцент кафедры садово-паркового строительства, ботаники и дендрологии, Поволжский государственный технологический университет (Российская Федерация, Йошкар-Ола). Область научных интересов – экология, почвенная микробиология, биоразнообразие. Автор 90 публикаций.

E-mail: tatiana.k.gordeeva@gmail.com

МАЛЮТА Ольга Васильевна – кандидат биологических наук, доцент кафедры экологии, почвоведения и природопользования, Поволжский государственный технологический университет (Российская Федерация, Йошкар-Ола). Область научных интересов – биотестирование и биоиндикация объектов окружающей среды, экологический мониторинг. Автор 63 публикаций.

E-mail: olgamal@mail.ru

ГАВРИЦКОВА Наталия Николаевна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры экологии, почвоведения и природопользования, Поволжский государственный технологический университет (Российская Федерация, Йошкар-Ола). Область научных интересов – исследования в области микологии и фитопатологии. Автор 70 публикаций.

E-mail: vault13333@rambler.ru

GORDEYEVA Tatyana Haritonovna – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of Landscape Design, Botany and Dendrology Chair, Volga State University of Technology (Russian Federation, Yoshkar-Ola). Scientific interests – ecology, soil microbiology, biodiversity. Author of 90 publications.

E-mail: tatiana.k.gordeeva@gmail.com

MALYUTA Olga Vasilyevna – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of Ecology, Soil Science and Nature Management Chair, Volga State University of Technology (Russian Federation, Yoshkar-Ola). Scientific interests – biotesting and bioindication of objects, environmental monitoring. Author of 63 publications.

E-mail: olgamal@mail.ru

GAVRITSKOVA Natalia Nikolaevna – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of Ecology, Soil Science and Nature Management Chair, Volga State University of Technology (Russian Federation, Yoshkar-Ola). Scientific interests – mycology and phytopathology. Author of 70 publications.

E-mail: vault13333@rambler.ru

T. K. Gordeeva, O. V. Malyuta, N. N. Gavritskova

MICROBIOLOGICAL INDICATION OF SOIL ECOLOGICAL CONDITIONS WHEN USING ALTERNATIVE AMELIORANTS

Key words: soil ameliorants; biological activity; microbiocenosis; environmental quality.

The research was conducted in Kokshaisk forest area, meant for a new arboretum of the Mari El Republic. The soil of the experimental plot is sod, mesopodzol, light loamy, developed from mantle loams. Alternative organic manure (AOM) on the basis of waste water mud and sawdust of conifers and broadleaved trees with 3 years composting duration was used in the experiment in a dose of 120 t/ha. The proportion of mud to filler is 1.4:1. The control was the option without ameliorant application. The virgin soil (forest), surrounding the arboretum, was tested as ecological control.

Biological activity of the soil was defined using application methods. The toxic level of the soil ameliorant was evaluated through toxicological testing using three test-organisms: daphnia (*Daphniamagna* Straus), *Ecolum* luminescent bacteria and *Chlorella* (Algae) (*Chlorellavulgaris*-Beijer). Recovery and census of microorganisms was performed using conventional microbiological methods.

It has been concluded that alternative organic manure, which is used in the experiment, is characterized by 4 grade hypotoxicity hazard category for the environment. Microbiological analysis showed that the bacterial complex with the population about 4.5 – 17.7 mln. cfu/gm of moisture-free soil is dominant in the micro flora of the soils under study. Micromycete population is insignificant, it ranges from 85.0 thousand cfu/gm of moisture-free soil and lower. The analysis of the population of main physiological groups of micro-organisms showed that the use of compost on the basis of waste water mud increases the heterotrophic microorganism population in comparison with the heterotrophic microorganism population in nonfertilized soil. The use of AOM increases the number of ammonifiers, their spores, aminoautotrophs, actinomycetes, it is indicative of enhancement of mineralization processes in soil. Relative index of the soil biogenicity, reflecting the proportion of bacteria number and fungus number, is varying over a rather wide range: from 78.82 (virgin soil) to 193.75 (manured soil) and is located in the following manner in order of reduction of biogenicity index: forest < control < ameliorant. The rate of mycelial microflora in the structure of cellulose-digesting microorganisms is increasing. It has been concluded that the number of azotobacters and yeasts reduced in soil with ameliorant. The use of compost on the basis of waste water mud increases the species diversity of micromycetes in comparison with the species diversity of micromycetes in the control soil. Thus the frequency of occurrence and the number of different kinds of cellulose-digesting fungi is increasing. The cellulose-digesting soil activity, treated with alternative organic manure, is increasing, in comparison with the activity of the virgin soil.

As it can be seen from the above the use of alternative organic manure for sod, mesopodzol, light loamy soil at the first stage of amelioration activates microbiological processes of soil, including the processes of organic matter decomposition that helps to accumulate fertilizer elements for plants.