

УДК 540:551.311:573.6.001.43

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ГУМИФИЦИРОВАННОЙ ПОЧВЫ МЕТОДОМ БИОТЕСТИРОВАНИЯ

Н.Ю. Громова

Тверской государственной технической университет, Тверь

Проведен анализ результатов биомониторинга техногенных почв г. Твери. При биотестировании техногенных почв было установлено, что почвы вблизи ТЭЦ-1 и механического завода и вода, используемая для полива всходов тест-растений (рр. Тьмака и Тверца), загрязнены. Внесение гумифицированной почвы в систему почва-растение способствует снижению техногенного воздействия (увеличению всхожести семян тест-растений) источниками загрязнения города Твери (ТЭЦ-1 или механический завод) и ускорению продукционного процесса тест-растений (формирования корневой системы).

***Ключевые слова:** биомониторинг, биотестирование, техногенная почва и вода, гумифицированная почва, всхожесть семян тест растений.*

Введение. Почвы являются универсальным регулятором состояния стабильности природных экосистем и относятся к возобновляемым природным ресурсам. Качество почв оценивается их плодородием (содержанием гумуса), которое регулируется постоянным поступлением органических веществ и их аккумуляцией в почвенно-биотическом комплексе. Антропогенная деятельность приводит к загрязнению почв. Большинство выбросов токсических веществ сосредотачивается в поверхностном слое почвы, где происходит постепенное их депонирование, что в свою очередь, приводит к изменению химических и физико-химических свойств (уплотнение, изменение гидрологического режима) субстрата, угнетению растительного покрова. Возобновление органического вещества почв в естественных биоценозах протекает за счет круговорота живого вещества в течение длительного времени (годы, десятилетия, века). На образование 10 см слоя плодородной почвы с содержанием гумуса до 5 % требуется более 100 лет. Использование продуктов биоконверсии целлюлозосодержащих отходов для восстановления плодородия почв не превышает 2-5 %, что связано с энергетическими затратами на разрушение полимерных связей лигнина и целлюлозы и низкой рентабельностью.

Переработка крупнотоннажных органогенных отходов в эффективные гумифицированные продукты с последующим их использованием в почвенно-биотической системе позволит снизить материальные и энергетические затраты на гумификацию почв. Для

рационального использования возобновляемых ресурсов особое внимание уделяется рекультивации техногенных почв. С этой целью проводится биомониторинг объектов загрязнения окружающей среды. Во многих странах (Германии, Франции, США, Японии и др.) все чаще используют метод биотестирования, преимущество которого состоит в его универсальности, дешевизне, интегральной оценке токсического воздействия. Биотесты суммируют все, без исключения, биологически важные изменения окружающей среды и отражают ее состояние в целом.

Методика. Для ускорения переработки целлюлозосодержащих отходов (древесные опилки, солома) использовали эффективные микроорганизмы препарата «Тамир», гумифицированную почву, техногенную почву г. Твери, стандартную (дистиллированную, водопроводную) и речную воду (рр. Тьмака или Тверца), а также стандартные тест-растения (ИСО 11269-2).

Результаты и обсуждение. Процесс гумификации почв сложный многостадийный и многофакторный процесс, обусловленный процессами синтеза и деструкции органических веществ – биополимеров, которые перемещаются и видоизменяются в системе почва-растение (Александрова, 1980; Гришина, 1986). Гумифицирование органогенных отходов проводят путем модификации гидролизного лигнина гуминовыми кислотами или биоконверсией органических отходов животноводческих комплексов (крупного рогатого скота, свиноводческих, птицефабрик и др.) в аэробных или анаэробных условиях с получением органических удобрений («Гумифорта» или вермикомпоста). При аэробной биоконверсии белковых составляющих органических животноводческих отходов ($C_{16}H_{24}O_5N_4$) образуются углекислый газ (CO_2), вода, аммиак (NH_3), гумифицированный продукт и тепловая энергия (Q) по уравнению:



При большом избытке азота в органических отходах будут выделяться оксиды азота. Образование газов (NH_3 , NO или NO_2) негативно сказывается на воздухообмене и накоплении азота в гумусе. Использование эффективных микроорганизмов для анаэробного метода биоконверсии целлюлозосодержащих отходов позволяет сохранить максимальное количество питательных веществ, не требует механического воздействия при перемешивании, сокращает срок гумификации (1-2 недели) при рекультивации почв (Салова и др., 2014).

Гумифицированную почву получали анаэробной биоконверсией целлюлозосодержащих отходов (опилки, солома) эффективными микроорганизмами препарата «Тамир», который содержит консорциум 86 полезных почвенных микроорганизмов существующих в симбиозе:

молочнокислых, азотфиксирующих, фотосинтезирующих, целлюлозоразрушающих бактерий, одноклеточных микроорганизмов, микроскопических грибов (Шаблин, 2006). Все упомянутые микроорганизмы существуют в режиме активного обмена источниками питания. Продукты жизнедеятельности одной группы служат источником питания для другой. При этом происходит аккумуляция питательных элементов. В результате воздействия комплексных ферментов эффективных микроорганизмов происходит гидролиз биополимеров (целлюлозы и лигнина и др.) до мономеров (моносахара, аминокислоты) с последующим биосинтезом гумусовых веществ. Биоконверсию отходов (гидролитическое расщепление биополимеров, рост клеток эффективных микроорганизмов на продуктах гидролиза и образование гумифицированной почвы) проводили в мезофильных условиях (25^0 - 40^0) в течение трех суток (Салова, 2014).

Исследования гумифицированного продукта проводили на модельных системах почва-растение. С этой целью первоначально была проведена интегральная оценка токсичности техногенных почв с использованием стандартных тест-растений (салата, ячменя), типичных для данного региона (Фомин, Фомин., 2001). В связи с тем, что наибольшее техногенное давление на почву оказывают выбросы промышленных предприятий, тепловых электростанций (ТЭЦ) или автомобильного транспорта, в данных исследованиях использовали техногенной почвы г. Твери около санитарно-защитных зон ТЭЦ-1 (зона 1) или механического завода (зона 2).

Основными технологическими стадиями выращивания тест-растений были: подготовка тест семян и почвы к посеву, посев семян, уход за посевами, биометрические измерения, учет биомассы, статистическая обработка полученных результатов (Федорова, Никольская, 2001; Громова, Салова, 2011). Полив осуществляли дистиллированной, водопроводной и речной водой, отобранной в р. Тьмака в санитарно-защитной зоне механического завода и ТЭЦ-1 и в устье р. Тверца (Речной вокзал). Рост тест-растений фиксировали по длине и массе корней и стеблей.

По результатам фракционирования семян тест-растений для посева в почву была отобрана фракция с оптимальной длиной проростков на фильтре в 3,0-5,0 см (рис. 1). Посевная всхожесть отобранных фракций тест-салата (ячменя) в контрольных образцах почв (песок или стандартная почва ТУ 0391-030-57302407-05) составила 90-98 %, а в техногенных образцах снизилась и составила – 60-80% (для салата) и 30-10% (для ячменя).

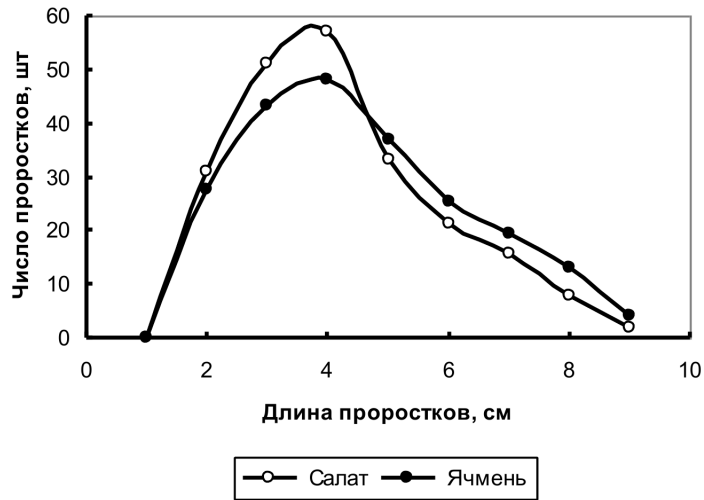


Рис. 1. Фракционирование семян тест растений

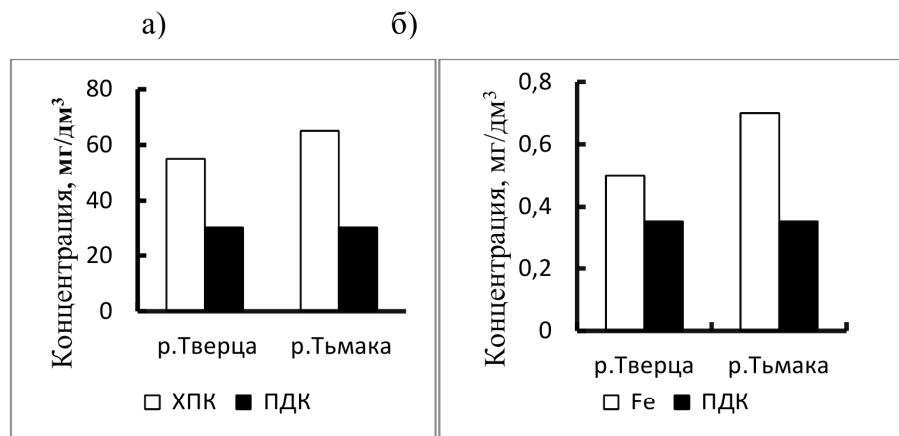


Рис. 2. Изменение химического потребления кислорода (а) и железа (б) в рр. Тверца и Тьмака.

При поливе всходов тест-растений водой в процессе роста увеличивается длина и масса корней тест растений в ряду: $H_2O_{dist} < H_2O_{водопр.} < H_2O_{речная}$ за счет увеличения содержания минеральных солей в воде. Речная вода (рр. Тьмака и Тверца), используемая для полива тест-растений, содержит токсичные ионы тяжелых металлов свинца (Pb^{2+}), цинка (Zn^{2+}), меди (Cu^{2+}), никеля (Ni^{2+}), кобальта (Co^{2+}) в пределах ПДК, а по содержанию общего железа (Рис. 2 б) и химического потребления кислорода (ХПК) (рис. 2а) не соответствует требованиям СанПиН 2.1.5.5980-00. Однако присутствие ионов тяжелых металлов в воде нежелательно; при поливе они адсорбируются на

минеральной составляющей техногенной почвы и изменяют структуру почвенных коллоидов. Поступая при поливе через корни в наземную часть, ионы тяжелых металлов вступают в конкуренцию с элементами коферментов, что приводит к нарушению биохимических реакций и угнетению растений. При длительном поливе речной водой экотоксиканты замедляют рост корней (уменьшение длины в 1,5 раза) и вегетативной части (не происходит увеличение длины) тест-растений.



Рис. 3. Модель рекультивации техногенной почвы

Эффективность гумифицированной почвы оценивали путем внесения в загрязненную почву и последующим ее биотестированием наиболее устойчивым к загрязнению тест-растением. Результаты биотестирования показали, что внесение гумификатора позволит создать оптимальные условия для формирования фитоценоза за счет ускорения всхожести семян тест-растений и формирования корневой системы (Громова, 2010).

При внесении в почву техногенной зоны 2 гумифицированного продукта при поливе речной водой (р. Тьмака) увеличилась всхожесть

салата в 2-3 раза, а также ускорился процесс формирования корневой системы. Относительный прирост массы салата в техногенной зоне 2 при поливе водопроводной и водой из р. Тьмака увеличился приблизительно в семь раз, а относительное удлинение салата не изменилось и даже уменьшилось при смене вида воды при поливе: $H_2O_{\text{dist}} > H_2O_{\text{водопр.}} > H_2O_{\text{речная}}$, что свидетельствует о снижении негативного воздействия почвы на рост и развитие тест-салата (Громова, 2008).

Результаты исследования позволили предложить модель рекультивации почв, в основе которой лежат методы биоконверсии техногенных отходов, гумификации почв и биотестирования (рис. 3). Рекультивацию техногенных почв необходимо начинать с мониторинга почв и оценки уровня ее загрязнения методом биотестирования и выбора наиболее устойчивого тест-растения. Затем следует провести подготовку техногенной почвы к посеву тест-культур посредством внесения гумификатора. При внесении гумифицированного продукта в техногенную почву эффективные микроорганизмы быстро адаптируются к новым условиям и настраивают микробиоценоз техногенной почвы на восстановление ее биологической активности и плодородия. При этом стабилизируются физико-химические свойства почвы (водопроницаемость, воздухопроницаемость, окислительно-восстановительный потенциал и др.), повышается содержание гумуса, укоряется посевная всхожесть семян растений, улучшаются условия для формирования корневой системы, защитные функции растений от болезней. Эффективность действия гумификатора почв оценивается приростом урожая тест-культур. Процесс рекультивации заканчивается формированием стабильного фитоценоза.

Заключение. Проведен анализ результатов биомониторинга г. Твери интегральной оценкой эффективности гумифицированной почвы. При биотестировании техногенных почв было установлено, что почвы вблизи ТЭЦ-1 и механического завода и вода, используемая для полива всходов тест растений (рр. Тьмака и Тверца), загрязнены. Внесение гумифицированной почвы в систему почва-растение способствует снижению техногенного воздействия (увеличению всхожести семян тест растений) источниками загрязнения г. Твери (ТЭЦ-1 или механический завод) и ускорению продукционного процесса тест-растений (формирования корневой системы).

Список литературы

- Александрова Л.Н.* 1980. Органическое вещество почвы и процессы его трансформации. Л.: Наука. 288 с.
- Гришина Л.А.* 1986. Гумусообразование и гумусное состояние почв. М.: МГУ. 244 с.

- Громова Н.Ю.* 2008. Биотестирование объектов окружающей среды в техногенных системах г. Твери // Проблемы энергообеспечения предприятий АПК и сельских территорий. С. 132-136.
- Громова Н.Ю.* 2010. Влияние гумифицированного продукта на рост и развитие тест растений в техногенных системах // Энергетический вестник Санкт-Петербургского аграрного университета. С. 259-272.
- Громова Н.Ю., Салова Т.Ю.* 2011. Техногенные системы и экологический риск СПб.: Политехнический университет. 305 с.
- Прикладная экобиотехнология.* 2010 / сост. А.Е. Кузнецов и др. М.: БИНОМ. Т. 1, 2. 629 с. 485 с.
- Салова Т.Ю., Громова Н.Ю., Громова Е.А.* 2014. Способ получения гумифицированной почвы // Бюллетень изобретений и полезных моделей. № 6. Пат. РФ № 2508281.
- Шаблин П.А.* 2006. ЭМ-технология – Биотехнология XXI века // Материалы по практическому применению препарата «Байкал ЭМ-1». 77 с.
- Фомин Г.С., Фомин А.Г.* 2001. Почва. Контроль качества по международным стандартам: справочник. М.: Протектор, 2001. 300 с.
- Федорова А.И., Никольская А.Н.* 2001. Практикум по экологии и охране окружающей среды. М.: ВЛАДОС. 213 с.

ASSESSMENT OF THE HUMOUS SOIL BY THE BIOTESTING METHOD

N.Yu. Gromova

Tver State Technical University, Tver

Biomonitoring analysis of technogenic soils in the city of Tver was carried out. Biotesting of soils and waters near the Thermal Power Plant 1 and Mechanical Plant (rivers T'maka and Tvertsa) showed their contamination. These waters and soils were used to grow test-plants. By adding the humous soil to the system soil-plant we lowered the effects of the contamination. The sprouting and roots development of test-plants increased.

Keywords: *biomonitoring, biotesting, technogenic soils and water, humous soils, sprouting of test-plants.*

Об авторе

ГРОМОВА Нина Юрьевна – кандидат технических наук, доцент кафедры стандартизации, сертификации и управления качеством, ФГБОУ ВПО «Тверской государственный технический университет», 170026, Тверь, наб. А. Никитина, д. 22, e-mail: gung@mail.ru.

Громова Н.Ю. Оценка эффективности гумифицированной почвы методом биотестирования / Н.Ю. Громова // Вестн. ТвГУ. Сер.: Биология и экология. 2016. № 1. С. 135-141.