

ТЕХНОГЕННЫЙ ГРУНТ ИЗ ОРГАНИЧЕСКОЙ ФРАКЦИИ ТКО

*Д. М. Малюхин, главный эколог ООО «Новый Свет-ЭКО»;
Н. А. Колычев, генеральный директор НИИ техногенных ресурсов;
А. Г. Бакина, д. б. н., зав. лабораторией, Т. Е. Теплякова, с. н. с., к. б. н., СПб НИЦЭБ РАН*

Проблемы ТКО не существует, существует проблема низкой эффективности использования их ресурсного потенциала. ТКО более чем на 70 % состоят из органических фракций. Разлагающаяся органика превращает полигоны в биологические реакторы, источающие дурные запахи и потоки токсичного фильтрата, не говоря уж о постоянной угрозе самопроизвольного возгорания. Если органику утилизировать – все будет хорошо, но большинство организаций, эксплуатирующих полигоны, полагают, что «не в этой жизни!». Между тем у них есть продвинутые коллеги, которые научились превращать эту беду в полезную продукцию.

Если из ТКО убрать органику и вторичное сырье, что останется? Камень, керамика, стекло и перерабатываемая упаковка. Не много, и пахнуть особенно нечему. С вторичным сырьем все понятно: качественная макулатура и полимеры – ценное сырье, низкосортные фракции бумаги и большинство видов полимеров с успехом могут быть использованы для производства альтернативного топлива. А как быть с органикой?

Выделить мелкие органические фракции и смет механическим способом несложно, достаточно разрывателя пакетов, промышленного магнита и вибростола/барабана/дискового сита. Таким образом возможно отсеять около 40 % отходов – так называемое влажное биоразлагаемое органическое сырье. В крупных и средних городах России проживает 70 млн человек. Они в год накапливают 30 млн т отходов, из которых можно извлечь 12 млн т такого сырья. Данную цифру можно почти удвоить с учетом близких по компонентному составу промышленных и коммерческих отходов. Эффективная утилизация влажных органических отходов не только сохранит полезный ресурс, но и существенно снизит, если не устранил совсем, накопление протестных настроений соседствующего с полигонами ТКО населения.

Так в чем же проблема, почему этим почти никто не занимался? Потому что

до сих пор это было невыгодно. Не было соответствующего экономического механизма: затраты есть, а возможная продукция – техногенный грунт – не изучена и в связи с этим никому не нужна.

Объединение «Спецтранс» и его научно-внедренческое подразделение – Санкт-Петербургский НИИ техногенных ресурсов – осуществляют корпоративную программу накопления научных данных и разработки на этой базе ключевых технологий для создания экономически состоятельной технологической платформы. Ставка сделана на индустриальные методы утилизации отходов: с техногенными ресурсами должны работать механика и автомат. Технологии должны поддерживаться внутрикорпоративной организацией процессов, опирающейся на новейшую экономическую разработку – систему цифрового управления производственным временем.

Относительно органики были поставлены следующие задачи:

- уменьшить объем размещения ТКО без обработки;
- разделить потоки органической и неорганической фракций;
- уменьшить издержки на приобретение грунтов для технологических целей и для рекультивации полигона;
- уменьшить издержки от негативного воздействия на окружающую среду;
- получить доход от услуг по утилизации;

- получить научные данные о перспективах утилизации органических компонентов;

- получить доход от сбыта техногрунта.

Работа была начата в 2011 г. Сегодня из органической части ТКО создаются техногрунты, пригодные для использования при эксплуатации и рекультивации как полигонов, так и других объектов накопленного экологического ущерба. Важно отметить, что разработанный технологический процесс не требует какого-то особенного оборудования, в принципе он доступен и посилен для любого полигона ТКО. Чтобы облегчить задачу, мы хотим поделиться с коллегами по цеху практическим опытом.

Как уже говорилось, все просто. Первым в технологической цепочке стоит, как обычно, пакеторазрыватель, далее следует металосепаратор и, наконец, самое главное устройство, которое позволяет отделить органическую фракцию ТКО, – в нашем случае это дисковый сепаратор (хотя может использоваться любой механизм подобного типа). Отсев составляет до 50 % (в зависимости от сезона) по массе от общего количества поступивших отходов, и то, что мы удаляем его в самом начале процесса, позволяет нам еще и более эффективно осуществлять отбор классических вторичных ресурсов из оставшегося потока; но сейчас речь пойдет о работе с отсевом.



Фото 1. Полевое компостирование



Фото 2. Контроль созревания



Фото 3. Процесс аэрации (ворошения)

На теле полигона мы выделили карту, где формируем бурты из отходов грохочения методом, известным еще с 1960–1970-х гг., а именно методом открытого полевого компостирования (фото 1). Процесс осуществляется под постоянным контролем (фото 2). Производится регулярное ворошение материала с использованием специализированных ворошителей: если иметь дело с большими объемами, гораздо выгоднее и эффективнее использовать для получения хорошего результата профильные высокопроизводительные технические средства (фото 3), но для этих целей может подойти и обыкновенный экскаватор или бульдозер.

Нам часто задают вопрос: возможно ли круглогодичное получение компоста под открытым небом в тех климатических условиях, когда полгода наблюдаются отрицательные температуры. Заверяем со всей определенностью: зимой в буртах температура поднималась до 80 °С; это было максимальное значение, которое мы зафиксировали, и отмечено оно было при –10 °С на улице. Сначала мы тоже были уверены, что выявится корреляция между температурой атмосферного воздуха и процессом созревания компоста, но выявлена она не была. Мы никак не инициируем процесс термически, просто ждем, когда он запустится сам, и тогда начинаем аэрацию, перемешивая компост в соответствии с определенным графиком. В зимнее время запуск процесса занимает порядка десяти дней. Сначала размножаются мезофильные бактерии, которые нагревают субстрат до 30–40 °С, после чего приходит время раз-

множения термофильных бактерий, и они уже поднимают температуру до 60–80 °С. Отметим также, что в отличие от коллег из Института микробиологии мы не добавляем никаких ускорителей компостирования.

Хочется сразу заострить внимание на заботе о здоровье сотрудников: при работе с отходами необходимо использовать средства индивидуальной защиты, и наш опыт показал, что лучшая маска – это 3М полнолицевая (фото 4); другие маски не всегда спасали сотрудников от неприятных запахов, выделяющихся в процессе ворошения буртов.

Необходимо также подумать об отпугивании птиц: ведь всякое место, куда поступают пищевые отходы – это ресторан для птичек, что плохо



Фото 4. Средства защиты органов дыхания

совмещается с производственным процессом.

Компост зреет в буртах; в процессе стабилизации или биоферментического разложения – деструкции органического вещества – он теряет около 30 % по весу. По достижении определенной стадии мы забираем компост с площадок и покрываем им откосы нашего полигона.

Рассмотрим сначала вариант, когда мы не вносим при этом никаких семян, а предоставляем укрытую компостом территорию процессу самозарастания (фото 5). Детальные исследования, проведенные при участии авторов и частично опубликованные [1], выявили, что если в первый год существования участка в видовом составе преобладают культурные растения – пасленовые (томаты, физалис), тыквенные (тыква, арбуз, дыня столовая) и сложноцветные (салат, подсолнечник) (рис. 1), – то в дальнейшем видовое разнообразие сложноцветных возрастает за счет увеличения числа видов местной флоры (осот, чертополох). Большинство видов сложноцветных, выросших на участке первого года, являются представителями местной флоры (одуванчик, тысячелистник, пижма, полынь и др.), роль которых в формировании растительного покрова в последующие годы только усиливается, как и семейства маревых, тогда как теплолюбивые семейства пасленовых и тыквенных исчезают уже на вто-



Фото 5. Наблюдение за процессом самозарастания



Фото 6. Работа на экспериментальных площадках: а) –разбивка площадок; б) – контроль

рой год [1]. Поскольку в естественной растительности региона преобладают лесные сообщества, интересно проследить структуру растительного покрова на субстрате из компоста: уже в течение трехлетнего периода происходит изменение соотношения травянистых и древесно-кустарниковых в пользу последних.

Мы также закладываем экспериментальные площадки (фото 6), где используются определенные травосмеси в соответствии с рекомендациями нормативных документов, предназначенных их для рекультивации нарушенных земель, полигонов, а также для дорожного строительства. Таких площадок у нас около 20.

В проведении данного эксперимента с нами сотрудничают ведущие институты, такие как Центр экологической безопасности Академии наук, Агрофизический институт, Ленинградский НИИСХ (Белогорка), Политех и Санкт-Петербургский государственный университет, и это уже говорит о том, что наши эксперименты актуальны и перспективны для отрасли.

На рис. 2 приведена количественная оценка биомассы, получаемой с 1 м². И если средний урожай многолетних трав по Ленинградской области составляет около 1 кг/м², то на компосте к третьему году экспонирования биомасса составляет 3,5 кг/м². Эта существенная разница говорит о

том, что данные техногрунты хороши в качестве субстрата для произрастания растений.

Это подтверждается и агрохимическими исследованиями, проведенными для компостов из ТКО на опытной площадке по самозарастанию в течение трех лет экспонирования. Установлено (табл. 1), что компост из ТКО характеризуется нейтральной реакцией среды, которая не снижалась меньше pH 6,5 в водной суспензии. Содержание обменных оснований S было очень высоким и практически одинаковым на площадках с разным сроком зарастания: около 210 ммоль-экв./100 г субстрата. Незначительные изменения величин связаны с исходной неоднородностью разных партий компостов, размещенных на площадках. Величина гидролитической кислотности Н_т данного компоста была низкой (около 4 ммоль-экв./100 г) и с течением времени практически не менялась. Степень насыщенности грунта основаниями V составила 97–98 %.

Таким образом, кислотно-основные параметры компоста из ТКО благоприятны в агрохимическом отношении. Более того, высокое содержание обменных оснований позволило ранее заключить, что применение его на кислых дерново-подзолистых почвах равноценно известкованию [2, 3].

Широко известен тот факт, что компосты из ТКО характеризуются очень высоким содержанием питательных элементов, необходимых для роста и развития растений, – азота, фосфора, калия [2–5]. Это было подтверждено и для компостов наших опытных площадок (табл. 2). Все важнейшие питательные элементы содержатся в компосте из ТКО в количествах, превышающих обычные значения для дерново-подзолистых почв на порядок и более, что, несомненно, должно способствовать активному росту растений при использовании компоста в качестве плодородного грунта при рекультивации различных объектов.

Еще одной важнейшей характеристикой компостов, определяющей возможность их использования в хозяйственной деятельности, являются их санитарно-гигиенические показатели, то есть содержание в них загрязняющих веществ, в первую очередь тяжелых металлов (ТМ). Извест-

тно, что основным неблагоприятным фактором, препятствующим широкому применению компостов из ТКО в качестве удобрений или плодородного грунта при озеленении или рекультивации, является повышенное содержание ТМ [2, 5–7]. Имеются два документа, разработанные для использования компостов из ТКО в сельском хозяйстве в качестве удобрения: ТУ на компост, вырабатываемый на мусороперерабатывающих заводах и разработанные Академией коммунального хозяйства им. Н. Д. Памфилова, утвержденные ГУ Минсельхозпрода РФ в 1996 г., и ТУ 2189-005-03280885-2003 на компост из ТКО, разработанные АФИ РАСХН и утвержденные в 2003 г. Разумеется, при использовании техногенных грунтов (компостов) для рекультивации полигонов ТКО санитарные требования должны быть менее строгими, чем при применении на сельскохозяйственных полях или объектах городского озеленения. Но поскольку эти грунты размещаются непосредственно на дневной поверхности, контактируют с представителями биоты и являются основой формирующихся на полигонах биоценозов, определенный уровень экологической безопасности должен быть обеспечен и в этих случаях. Поэтому были проведены аналитические исследования содержания основных, нормируемых санитарными нормами и правилами ТМ (свинца, ртути, кадмия, никеля, хрома, марганца, цинка и меди) и мышьяка, а также некоторых других загрязняющих веществ в субстратах, использованных для рекультивации полигона ТКО. Санитарно-химическая характеристика компостов из ТКО приведена в табл. 3.

Исследования показали, что изученные пробы компоста практически по всем нормируемым показателям соответствовали нормативам для компостов из ТКО. Для двух элементов – свинца (3 пробы) и меди (1 проба) отмечено незначительное превышение нормативов для компостов из ТКО (в 1,1–1,3 раза). Следовательно, в целом компосты из ТКО незначительно загрязнены тяжелыми металлами.

Методами биотестирования было установлено, что компост ТКО не только был нетоксичным, но и оказывал

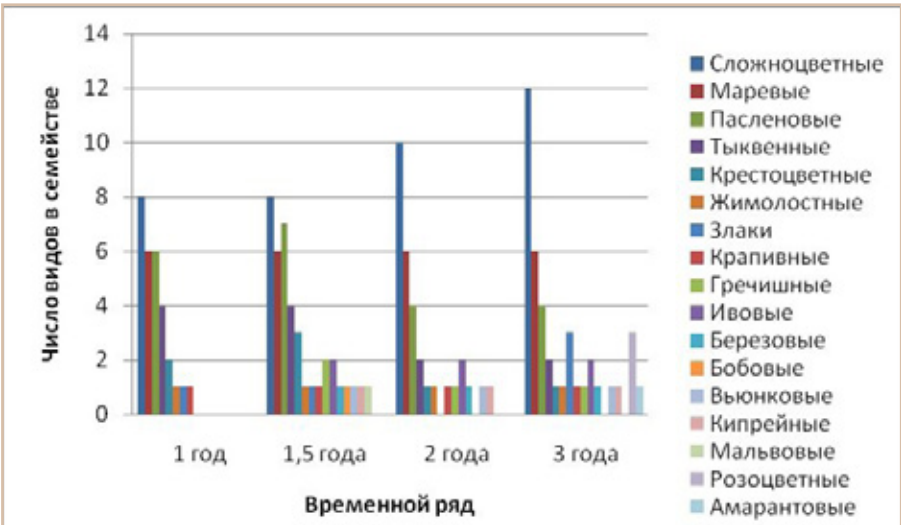


Рис. 1. Флористический состав растительности на участках

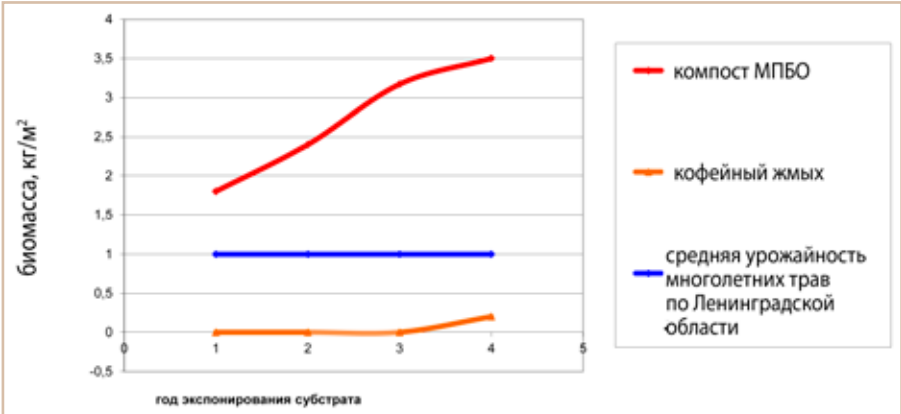


Рис. 2. Измерение надземной биомассы

достовверное стимулирующее действие на проростки высших растений [8]. По нашему мнению, выявленный эффект биостимуляции связан с наличием в компосте гуминовых веществ, которые, как известно, обладают выраженным стимулирующим действием на растения, вследствие чего эти вещества широко используются в сельском хозяйстве в качестве биоудобрений и стимуляторов роста.

Определяя уровень безопасности компоста из ТКО, мы также использовали такой критерий, как водно-миграционный показатель, характеризующий степень вымывания каких-либо веществ из рассматриваемого техногрунта в сопредельные среды. Было установлено, что влияние на сопредельные среды ничтожно мало и практически находится на уровне погрешности.

Далее, исследовались характеристики самого фитоценоза, который

сформировался на участке: опасна ли эта растительность для окружающей среды, для животных, для человека. Единственный нормативный документ, регулирующий ее качество, – ВМДУ 123-4/281-87. Мы установили, что по нормируемым показателям превышений либо нет, либо они минимальны.

На наш взгляд, результаты, которых мы добились, – большая победа, причем достигается сразу несколько целей:

- почти вдвое уменьшается объем захораниваемых отходов;

Таблица 1

Кислотно-основные свойства компоста из ТКО

Год заращения компоста	pH _{водн}	pH _{сол}	S	H _r	V
			ммоль-экв./100 г почвы		%
0	7,1	6,9	205	3,5	98,3
1	6,8	6,5	201	4,4	97,8
2	6,5	6,1	211	5,2	97,6
3	6,7	6,3	210	3,5	98,4

Таблица 2

Агрохимическая характеристика компоста из ТКО

Год заращения компоста	Органическое вещество	Азот общий	Азот аммонийный	Азот нитратный	Калий	Фосфор
	%		мг/кг			
0	52,0	1,5	710	1900	1150	1090
1	53,6	1,5	600	2500	1250	1610
2	46,0	1,3	580	2050	1080	950
3	45,6	1,4	500	1850	875	1100
Дерново-подзолистая почва	3,0	0,1	350	200	150	150

Таблица 3

Санитарно-химическая характеристика компоста из ТКО

Элемент, мг/кг	ТУ* на компост ТКО, 1996 г.	ТУ** на компост ТКО, 2003 г.	Срок заращения, лет			
			0	1	2	3
Медь	300	300	112	433	82,0	88,4
Цинк	500	1500	235	199	197	199
Свинец	200	190	211	275	68,9	228
Кадмий	5	5	3,3	2,6	3,1	2,4
Никель	100	100	36,9	32,6	22,4	24,9
Марганец	–	–	186	128	104	156
Ртуть	10	5	4,7	6,8	3,9	5,6
Мышьяк	10	5	5,1	2,9	3,6	7,8

*ТУ на компост, вырабатываемый на мусороперерабатывающих заводах (разработаны Академией коммунального хозяйства им. Н. Д. Памфилова, утверждены ГУ Минсельхозпрода РФ 07.1996 г.);

**ТУ 2189-05-03280885-2003 на компост ТКО (разработаны АФИ РАСХН, утвержден в 2003 г.)

- улучшаются условия для отсортирования вторичных ресурсов;
- на захоронение поступают хвосты, имеющие совершенно другой морфологический, химический, физический состав, благодаря чему не происходят процессы разложения органического вещества, не выделяется биогаз, не формируется фильтрат, не возникает самовозгораний, не присутствуют разносчики инфекций в виде грызунов и птиц;
- получается бесплатный высококачественный материал для отсыпки откосов полигона;
- этот материал пригоден также для пересыпки слоев отходов (а по ряду нормативных документов мы должны создавать слой инертных материалов толщиной 25 см через каждые 2 м слоя захораниваемых отходов); другой вопрос, что на эти цели получаемого техногрунта нам пока не хватает, он идет в основном на откосы.

Здесь необходимо пояснить, что одной из основных экологических и экономических проблем рекультивации полигонов является дефицит почвенных ресурсов для создания рекультивационных покрытий. При этом для рекультивации 1 га полигона

требуется до 10 тыс. м³ почвенно-растительного грунта, а чтобы получить его, нужно нарушить 5 га ранее не нарушенных почв, то есть в пять раз больше площади рекультивируемого объекта [4].

Важным моментом является и то, что, по нашим расчетам, технологиям и документам, мы сможем получить уже за 2018 г. на каждую тонну грунта от 700 до 1000 руб. за услуги по утилизации отходов. Это значит, что затраты при обработке 100 тыс. т ТКО возможно окупить за 6–8 мес, получив при этом массу преимуществ и достигнув без критических усилий уровня утилизации отходов 40 %, а также устранив социальное напряжение.

Наверное, можно утверждать, что полученные результаты очень существенны для отрасли в целом. Ведь, по данным Росприроднадзора, в стране около 25 тыс. объектов размещения отходов, из них лишь 2,5 тыс. – это полигоны, соответствующие хотя бы в какой-то мере санитарному и экологическому законодательству. Около 10 тыс. полигонов – это полигоны промышленных отходов, которые тоже очень негативно влияют на окружа-

ющую среду, зачастую даже сильнее, чем полигоны ТКО. И тот техногрунт, который можно получать на местах по предлагаемому методу, поможет решить проблему рекультивации несанкционированных свалок и иных объектов накопленного экологического вреда, которых десятки тысяч в нашей стране. 🌱

ЛИТЕРАТУРА

1. Теплякова Т. Е., Малюхин Д. М., Бакина А. Г. Особенности формирования растительного покрова на новых видах органогенных субстратов при рекультивации полигона твердых бытовых осадков // Биосфера. – 2014. – Т. 6. – № 2. – С.134–146.
2. Витковская С. Е., Дричко В. Ф. Влияние органических отходов на агрохимические свойства дерново-подзолистой почвы и поступление тяжелых металлов в растения // Агрохимия. – 2002. – № 7. – С. 5–10.
3. Скворцов А. С., Мирный А. Н., Варшавский В. Я. Сельскохозяйственное использование компоста, полученного из твердых бытовых отходов // Чистый город. – 1999. – № 2 (6). – С. 2–7.
4. Жилинская Я. А. Рекультивация полигонов захоронения твердых бытовых отходов продуктами механо-биологической переработки отходов: Автореф. дис. ... канд. техн. наук., Пермь, 2010. – 16 с.
5. Schulz R., Romheld V. Recycling of municipal and industrial organic wastes in agricultural: Benefits, limitations, and means of improvement // Soil Sci. Plant Nutr. – 1997. – V. 43. – Spec. issue. – P. 1061–1056.
6. Касатиков В. А. Агроэкологические основы применения осадков городских сточных вод в качестве удобрения: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук., М., 1989. – 46 с.
7. Грибанова А. П., Зрянин А. А. Геоэкологические исследования на Саларьевском полигоне твердых бытовых и промышленных отходов // Экол. и пром-ть России. – 1997. – Июнь. – С. 8–10.
8. Малюхин Д. М., Бакина А. Г., Орлова Е. В., Орлова Е. Е. Агроэкологическая оценка органогенных субстратов, используемых при рекультивации полигона ТБО // Агрохимия. – 2016. – № 10. – С.82–90.