

2. Единые правила ухода и эксплуатации автомобильных аккумуляторных батарей.
3. ГОСТ 667-73 "Кислота аккумуляторная".
4. ГОСТ 6709-72. "Вода дистиллированная".
5. ГОСТ 2184-77 "Кислота серная техническая".

## **ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВА И РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ КОМПСТИРОВАНИЯ ОСАДКОВ СИСТЕМ ВОДООТВЕДЕНИЯ БРЕСТА**

**П.П.Строкач, Н.П.Яловая, А.П.Головач, А.С.Хайко, В.М.Клюка**

Политехнический институт  
Брест, Республика Беларусь

*Приведены результаты исследований состава и технологии компстирования осадков систем водоотведения Бреста. Даны рекомендации по использованию компстных смесей для подсыпки откосов дорог, устройства газонов озеленения, формирования лесопосадок и в сельском хозяйстве для выращивания технических культур.*

**БИОДЕГРАДАЦИЯ, ГУМИФИЦИРОВАННЫЙ ПРОДУКТ, КОМПСТНЫЕ, СМЕСИ, КОМПСТИРОВАНИЕ, ОСАДКИ, УТИЛИЗАЦИЯ**

Национальная программа рационального использования природных ресурсов и охраны окружающей Среды Республики Беларусь предусматривает одним из приоритетных направлений деятельности на период до 2000 года переработку и использование отходов, в т.ч. коммунального хозяйства [1].

В настоящее время, на Брестских городских очистных сооружениях содержится около 4500 м<sup>3</sup> подсушенных осадков хозяйственно-бытовых сточных вод. Экологические проблемы, возникшие из-за локального накопления этих органических отходов, количество которых слишком велико для естественного потенциала биodeградации, требуют быстрого и эффективно-го разрешения. Внесение отходов без их предварительной обработки в любую экосистему создает серьезные проблемы, связанные с высокой потребностью в кислороде, выделением аммиака и образованием токсичных промежуточных соединений. Процесс обработки осадков должен обеспечивать максимальное снижение влажности, высокую степень обезвреживания и эффективную утилизацию при минимальных затратах.

Существует множество методов обработки осадков хозяйственно-бытовых сточных вод: биологические, механические, термической сушки и

сжигания и др. [2,3,4,5]. Перед использованием, особенно для внесения в почву, требуется их обезвреживание. Перспективным методом обезвреживания является компостирование.

Компостирование - экзотермический процесс биологического окисления. Органический субстрат, при этом, подвергается аэробной биодegradации в условиях повышенной температуры и влажности, претерпевая физико-химические превращения с образованием стабильного гумифицированного конечного продукта.

В сельском хозяйстве используется полевое компостирование для получения компоста из торфофекальных смесей и служит средством для улучшения структуры почвы и, в некоторой степени, удобрением [6]. При добавлении компоста в почву он разрушается, выделяя основные питательные вещества для растений, источники N, P, K, микроэлементы. Клейкие вещества, а также мицелий грибов и актиномицетов способствуют агрегированию частиц почвы, органические компоненты компоста увеличивают ее способность удерживать влагу. Эти факторы значительно повышают устойчивость почвы к ветровой и водной эрозии. Одним из основных применений компоста, получаемого из городских отходов, во Франции и Германии является укрепление крутых склонов [5].

Внесение компоста в почву в любых соотношениях безвредно, однако, должно контролироваться в нем содержание тяжелых металлов. Внесение компоста удовлетворяет потребность почвы в микроэлементах, улучшает ее структуру и способность удерживать влагу, устойчивость к ветровой и водной эрозии, а при совместном использовании с неорганическими удобрениями - усиливает действие последних [4,6].

Велико гигиеническое значение компостирования. Осадки хозяйственно-бытовых сточных вод содержат патогенные микроорганизмы, способные вызывать инфекционные заболевания животных и человека: бактерии, актиномицеты, грибы, вирусы, простейшие и др. Большинство этих организмов погибает, если они находятся длительное время при температуре более 40<sup>0</sup> С. Однако, некоторые из них образуют высокоустойчивые эндоспоры, которые выдерживают нагревание до 100<sup>0</sup> С и высушивание [2]. Примерами могут служить аэробные спорообразующие *Bacillis spp.*, особенно возбудитель сибирской язвы, и анаэробные спорообразующие *Clostridium spp.*, возбудители столбняка, ботулизма и газовой гангрены.

Поэтому, гарантировать, что в процессе компостирования будут образовываться продукты, полностью свободные от патогенных организмов, невозможно, однако, соблюдая его технологию можно получить достаточно гигиеничный конечный продукт.

В процессе компостирования биотермический процесс сопровождается повышением температуры до 50...72 °С, что приводит к уменьшению на 25% органических веществ, влаги и осадков [3]. Общее количество удаляемой из осадка влаги зависит от сезона года, размеров штабелей, продолжительности компостирования, периодичности перелопачивания, климатических и других факторов. За счет снижения влажности и распада органических веществ в два раза уменьшается объем осадка, вследствие чего, в свою очередь, сокращаются транспортные расходы на перевозку [6].

Компост, используемый как удобрение и получаемый из осадков сточных вод, в соответствии с действующими на территории Республики Беларусь временными техническими условиями, должен иметь следующую характеристику: влажность -  $\leq 50\%$ ; сухого вещества - органического -  $\geq 40$ , азота общего -  $\geq 1,6$ , фосфора общего ( $P_2O_5$ ) -  $\geq 0,6$ , калия общего - по  $K_2O$  -  $\geq 0,2\%$ ; плотность (в среднем) - 500 - 700 кг/м<sup>3</sup>.

Кафедрой инженерной экологии Брестского политехнического института исследованы состав осадков сточных вод Брестских городских очистных сооружений и технология их компостирования. Исследования проводились в производственных условиях. Контроль агрохимических показателей осадка и содержания в нем ионов тяжелых металлов осуществлялся лабораториями БПИ [7], Института геологических наук НАН РБ и проектно-исследовательской станции химизации сельского хозяйства (Пружаны Брестской области). Агрохимические свойства осадков сточных вод, образующихся на очистных сооружениях Бреста, представлены в таблице 1.

Таблица 1 Агрохимические свойства осадков сточных вод Брестских городских очистных сооружений

Агрохимический показатель	Единица измерения	Значение
1	2	3
Содержание органических веществ: в сыром осадке первичных отстойников в активном иле	% массы сухого вещества	66 77
Азот общий (N): в сыром осадке первичных отстойников в активном иле	- // -	2,9 3,3
Фосфор общий ( $P_2O_5$ ): в сыром осадке первичных отстойников в активном иле	- // -	8,2 9,4

Продолжение таблицы 1

1	2	3
Калий общий (K <sub>2</sub> O): в сыром осадке первичных отстойников в активном иле	- // -	1,99 1,63
Кислотность осадка (рН)	-	6,9
Гидролитическая кислотность осадка	мг-экв	16,5
Сумма поглощенных оснований	- // -	23,8
Степень насыщения основаниями	%	59,4
Полное водопоглощение	- // -	140,5
Влажность	- // -	95,2 ... 95,3

Данные по содержанию в сыром осадке и активном иле металлов, в сравнении с ПДК для удобрений, представлены в таблице 2.

Таблица 2 Содержание металлов в осадке сточных вод Брестских городских очистных сооружений

Металл	Единица измерения	Содержание в сыром осадке	Содержание в активном иле	ПДК для удобрений
Кобальт	мг/кг сух. в-ва	8,8	14,6	100-200
Хром	- // -	692,4	1145,2	200-1500
Медь	- // -	4938,9	8302,9	500-3000
Магний	- // -	992,1	2359,2	500-3000
Молибден	- // -	99,5	196,1	50-250
Никель	- // -	1009,1	1516,0	100-500
Свинец	- // -	следы	следы	300-1500

Большое содержание органического вещества и высокие физико-химические характеристики осадков позволяют утилизировать в качестве удобрения после компостирования как активный ил, так и осадок после первичных отстойников. В процессе подготовки к утилизации в качестве удобрения желательно перед компостированием осуществлять подсушивание осадков. На Брестских городских очистных сооружениях подсушивание избыточного активного ила ведется на иловых площадках до влажности 64%. Дальнейшее снижение влажности и увеличение пористости компостируемой массы может быть достигнуто перемешиванием подсушенного осадка с наполнителем.

Для исследований был принят метод компостирования с естественной аэрацией и использованием в качестве наполнителя соломы. Ее общая влажность при закладке компостных штабелей (куч) составляла 30,5%. Полные геометрические размеры исследуемых штабелей приведены на рисунке.

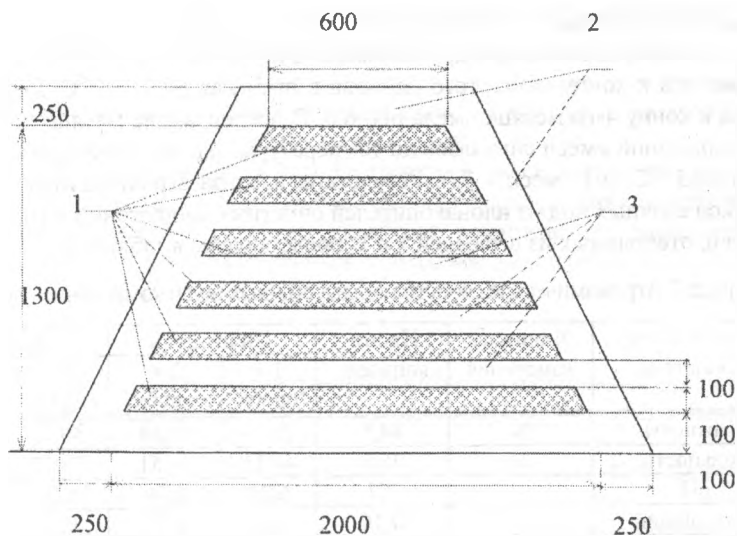


Рисунок Поперечное сечение штабеля с естественной аэрацией: 1 - слой осадка сточных вод; 2 - верхний теплоизолирующий слой соломы; 3 - внутренние аэрационные слои соломы.

Полный расчет объемов осадка и соломы (без учета теплоизолирующих слоев) показывает, что отношение объемов осадка  $W_{OC}$  и соломы  $W_C$  составляет

$$W_{OC}/W_C=4/5.$$

Это соответствует наиболее часто рекомендуемым в литературе объемным пропорциям смешения осадка и наполнителя.

С целью проведения сравнительных исследований процесса компостирования были сформированы 2 компостных штабеля длиной 3 м, шириной 2 м, высотой 1,3 м (рисунок).

Принят следующий технологический режим: 1-й штабель, после закладки, компостируется в условиях естественной аэрации без перемешивания (перелопачивания) компостируемого материала; 2-й штабель, после закладки, компостируется в условиях естественной аэрации с перемешиванием при достижении очередного экстремума температуры компостируемого материала. До начала создания и после закладки компостных штабелей постоянно велись замеры температуры и pH смеси. За четыре месяца исследований компостные смеси в штабелях прошли 3 из 4-х стадий про-

цесса компостирования (мезофильную, термофильную и остывания). Температура смеси, за этот период, изменялась в пределах 5 °С ... 60 °С и стабилизировалась к концу четвертого периода в пределах 54 ... 55 °С. Компостная смесь к концу 4-го месяца имела рН=6,6. В последующие месяцы температура компостной смеси снизилась до температуры окружающей среды и составила 20,5 °С, рН смеси - 7,0. Результаты анализа агрохимических свойств осадков сточных вод из илонакопителей очистных сооружений и компостных смесей, отобранных из штабелей 1 и 2, представлены в таблице 3.

Таблица 3 Агрохимические свойства осадка сточных вод и компостных смесей

Наименование показателя	Единицы измерения	Илонакопитель	1-й штабель		2-й штабель	
			1-я проба	2-я проба	1-я проба	2-я проба
Влажность	%	84,5	73,06	69,84	59,49	59,20
Зольность	- // -	46,6	44,11	51,51	70,37	73,74
рН	-	7,7	6,27	6,66	6,55	6,84
Азот общий	%	0,46	0,60	0,70	0,56	0,55
Азот аммиачный	- // -	0,02	0,04	0,005	0,01	0,04
Фосфор (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	- // -	0,55	1,16	1,23	1,10	1,15
Калий (K <sub>2</sub> O)	- // -	0,06	0,06	0,06	0,06	0,05
Кальций	- // -	4,16	2,87	3,41	2,15	1,94

В таблице 4 приведены результаты анализа по содержанию основных металлов в компостных смесях.

Данные исследований, приведенные в таблицах 3, 4, сопоставленные с действующими на территории РБ временными техническими условиями, показывают, что по агрохимическим свойствам и содержанию основных металлов в компостных смесях их можно использовать в качестве удобрений.

Таблица 4 Содержание основных металлов в компостных смесях

Металл	Единица измерения	1-й штабель		2-й штабель		ПДК для удобрений [1]
		1-я проба	2-я проба	1-я проба	2-я проба	
Медь	мг/кг	221,4	221,4	219,3	217,7	500-3000
Цинк	"-	171,7	191,2	187,0	167,2	500-1000
Свинец	"-	63,1	94,5	27,2	37,6	300-1500

#### ВЫВОДЫ:

1) В результате исследований доказана возможность применения метода компостирования осадков, подсушенных в естественных условиях до

влажности 84,5%, для получения стабильного гумифицированного продукта с использованием в качестве наполнителя соломы влажностью 30,5%;

2) Технологический режим компостирования отходов с естественной аэрацией без применения наполнителей менее эффективен из-за продолжительности мезофильной и термофильной стадий процесса;

3) Целесообразно использовать компостные смеси для подсыпки откосов дорог, устройства газонов озеленения и для формирования лесопосадок; применение компоста в сельском хозяйстве возможно для выращивания технических культур с обязательным контролем накопления тяжелых металлов в почве.

#### Литература

1. Национальная программа рационального использования природных ресурсов и охраны окружающей среды на 1996-2000 гг. - Мн.: БелНИЦ «Экология», 1996.

2. Экологическая биотехнология: Пер. с англ./ Под ред. К.Ф. Форстера, Д.А.Дж. Вейза.- Л.: Химия, 1990.- 384 с.

3. Туровский И.С., Букреева Г.В., Астахова А.В. Биотермическая обработка осадков сточных вод. -М., 1989.

4. Туровский И.С. Обработка осадков сточных вод.- 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Стройиздат, 1988. - 256 с.

5. Обработка и удаление осадков сточных вод. В 2-х т. Т2. Утилизация и удаление осадков / Пер. с англ. А.А.Виницкой, З.Н.Макаренко.-М.: Стройиздат, 1985.-248 с.

6. Туровский И.С., Букреева Т.Е. Обработка осадков сточных вод и твердых бытовых отходов // Водоснабжение и санитарная техника.-1986.- №7. - С.18-21.

7. Строкач П.П., Кульский Л.А. Практикум по технологии очистки природных вод. - Мн.: Высшая школа, 1980. - 320 с.

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ И ИНТЕНСИФИКАЦИЯ РАБОТЫ ПЕСКОЛОВОК

**В.В.Шкодов**

Политехнический институт  
Брест, Республика Беларусь

*Приводятся результаты экспериментальных исследований песколовок на очистных сооружениях Слонима и реализуются технические приемы их совершенствования.*