

06.01.02 Мелиорация, рекультивация и охрана земель

УДК 502/504:628.3:631.8

М.М. ГАВРИЛОВ, А.А. ПИМЕНОВ, П.Е. КРАСНИКОВ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Самарский государственный технический университет» (СамГТУ), г. Самара, Российская Федерация

ТЕМПЕРАТУРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОЦЕССА БИОЛОГИЧЕСКОЙ УТИЛИЗАЦИИ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД С ПОЛУЧЕНИЕМ РЕКУЛЬТИВАЦИОННОГО ПОЧВОГРУНТА

Целью работы является выявление зависимости динамики роста температуры процесса биологической переработки ОСВ от содержания в обезвреживаемой смеси носителя микроорганизмов, обеспечивающих процесс биодеструкции. В результате очистки сточных вод образуется большой объем отходов, среди них самыми крупнотоннажными и опасными являются осадки сточных вод (ОСВ), утилизация которых является важной и актуальной задачей. Наиболее действенным и экологически безопасным способом переработки ОСВ является биологический метод, он же наиболее выгоден с точки зрения материальных и энергетических затрат. При его реализации осуществляется смешение полученных отходов с навозом крупного рогатого скота (КРС) и другими компонентами в определенных пропорциях. По истечении определённого количества времени из данной смеси получается товарный продукт – техногенный почвогрунт, который можно применять для рекультивации нарушенных земель. В основе данного метода лежит процесс компостирования, основанный на естественной биодеструкции отходов в результате воздействия на них аборигенной микрофлоры, содержащейся в навозе КРС. Для отслеживания протекания процесса биодеструкции, его корректировки, выявления наиболее действенных пропорций смешивания отходов и биореагентов необходимо постоянно отслеживать изменение температуры в смеси. А также, опираясь на температурные показатели, можно судить о завершении процесса обезвреживания.

Получение рекультивационного почвогрунта, утилизация осадков сточных вод, биодеструкция, компостирование.

Введение. О применении продуктов, полученных при компостировании в качестве органических удобрений, было известно еще майя, жившим на нашей планете 2000 лет назад. В XXI веке процессы, протекающие в компостах, стали использоваться не только для получения удобрений, но и для утилизации отходов (ОСВ). При этом после такого обезвреживания, почвогрунт, полученный на основе осадков, по своим показателям близок к органоминеральным удобрениям и может быть применен при рекультивации нарушенных земель [1].

По приблизительной оценке, ежегодные объемы образования ОСВ в России достигают 3,4 млн т по сухому веществу. Причем данная цифра из года в год

увеличивается за счет роста населения и индустриализации нашей страны [2].

Наиболее распространенными на сегодняшний день процессами утилизации ОСВ в нашей стране и во всем мире являются: размещение данного отхода на специализированных полигонах, где в естественных условиях происходит их обезвреживание, и сжигание осадков в печах различной конструкции. Обезвреживание в естественных условиях – это многолетний процесс, полному завершению которого мешает постоянное поступление новых отходов. Термическая деструкция данного отхода энергетически затратна и экологически небезопасна. При реализации этих двух подходов по обращению с ОСВ теряется ресурсный потенциал,

обусловленный присутствием в них ценных питательных компонентов [3, 4].

Наиболее практичным и рациональным с точки зрения энерго- и ресурсосбережения является метод биодеструкционной переработки ОСВ. Это экзотермический процесс биологического окисления, в котором органический субстрат подвергается аэробной биodeградации смешанной популяцией микроорганизмов в условиях повышенной температуры. В процессе биodeградации органический субстрат претерпевает физические и химические превращения с образованием стабильного гумифицированного конечного продукта. Полученный продукт – техногенный почвогрунт – возможно применять при рекультивации и восстановлении нарушенных земель [5].

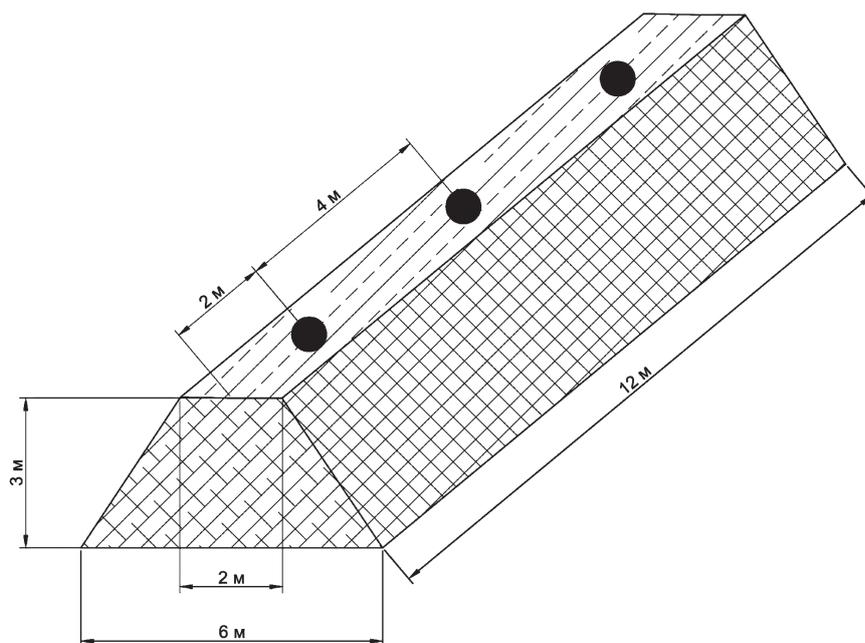
Потребляя органическую составляющую ОСВ как пищевой субстрат, микроорганизмы, содержащиеся в навозе КРС, размножаются и продуцируют воду, диоксид углерода, органические соединения и энергию. Часть энергии, получающейся при биологическом окислении углерода, расходуется в метаболических процессах, остальная часть выделяется в виде тепла [6].

Температура служит основным показателем процесса биодеструкции. В сформированном для биологического обезвреживания ОСВ бурте температура начинает подниматься через несколько часов

с момента смешивания отхода и носителя микрофлоры – навоза КРС – и меняется в зависимости от мезофильной или термофильной стадии протекания процесса биодеструкции [7].

В начале процесса смесь находится при температуре окружающей среды. Затем в мезофильной стадии микроорганизмы, присутствующие в отходах, начинают быстро размножаться, температура повышается до +40°C. При повышении температуры более чем на +45°C происходит гибель исходных мезофилов, им на смену приходят термофилы. Это поднимает температуру смеси до +60°C. После повышения температуры до +62°C процесс продолжают спорообразующие бактерии и актиномицеты, при этом происходит распад белка и выделение аммиака. В течение термофильной фазы легко разлагаемые субстраты – сахара, крахмал, жиры, белки – быстро потребляются и скорость реакции начинает падать после того, как в нее вовлекаются более устойчивые субстраты. При этом скорость тепловыделения становится равной скорости теплопотери, что соответствует достижению температурного максимума. Затем процесс в бурте, где происходит биодеструкция, вступает в стадию остывания [8].

Объект исследования. Объектами исследования выступают сформированные из смеси ОСВ и навоза КРС бурты. Схематическое изображение одного из них представлено на рисунке 1.



● – температурный датчик (располагаются по центру бурты на глубине 1,5 м)

Рис. 1. Схематическое изображение бурты и мест расположения температурных датчиков

Всего для проведения эксперимента по отслеживанию динамики повышения температуры во время процесса биодеструкции в зависимости от содержания в смеси навоза КРС с помощью специальной техники было сформировано четыре бурта, имеющих схожие геометрические параметры (длину, ширину, высоту). Первый борт полностью состоял из осадков (ОСВ), а три оставшихся – из смеси отхода

с навозом КРС, в которых различались лишь соотношения взятых ОСВ и навоза (табл. 1).

Все работы проводились на заранее подготовленной для этих целей технологической площадке, обустройство которой при реализации запланированной деятельности снижает негативный уровень воздействия на окружающую среду до минимально допустимого.

Таблица 1

Содержание навоза КРС в сформированных буртах

№ Бурта	Массовое соотношение компонентов, %	
	ОСВ	Навоз КРС
I	100	0
II	100	15
III	100	50
IV	100	75

Таким образом, из таблицы следует, что на 1 т ОСВ во втором бурте приходится 150 кг навоза КРС, в третьем бурте – 500 кг и в четвертом – 750 кг.

В каждый борт были помещены температурные датчики, позволяющие дистанционно, оперативно и интерактивно получать сведения о температуре внутри бурта (рис. 1).

Перед формированием буртов для корректного протекания процесса биодеструкции со всеми смесями была проведена подготовительная работа, заключающаяся в следующих технологических операциях:

1) Все смеси по отдельности были тщательно перемешаны с помощью фронтального погрузчика. Это было необходимо для насыщения смеси кислородом и придания ей более однородного гранулометрического состава.

2) Были произведены исследования влажности полученных смесей. Влажность каждой составила в среднем 47%, что соответствует требованиям, предъявляемым к процессу биодеструкции. Для его осуществления влажность смеси должна колебаться в пределах 30-60%. При несоответствии показателей влажности данному интервалу, проводятся работы по ее оптимизации (дополнительное увлажнение, или частое перемешивание и сушка на открытом воздухе).

Экспериментальная часть. В основе биологической переработки ОСВ лежит процесс биодеструкции сложных органических компонентов в более простые вещества.

За счет этого происходит снижение негативного воздействия на окружающую среду и снижение класса опасности отхода [9].

Целью работы является выявления зависимости динамики роста температуры процесса биологической переработки ОСВ от содержания в обезвреживаемой смеси носителя микроорганизмов, обеспечивающих процесс биодеструкции.

Для достижения поставленной цели был проведен эксперимент, который заключался в получении температурных характеристик процесса биодеструкции, протекающего в предварительно сформированных из ОСВ и навоза КРС буртах за определенный интервал времени.

Было сделано четыре бурта, состоящих из утилизируемых нефтесодержащих осадков сточных вод, содержание нефти в которых не превышало 2,3% от общего состава отхода, и биодеструкционной смеси, основным компонентом которой являлся навоз КРС. Выбор нефтесодержащих осадков обусловлен тем, что благодаря повышенному содержанию в них органических компонентов процесс биодеструкции будет протекать более активно и интенсивно. Вследствие этого можно будет нагляднее зафиксировать температурные характеристики данного процесса за менее длительный период наблюдений, чем в случае, если бы данные бурты формировались из ОСВ, не содержащих нефтепродукты.

Бурты были сформированы в виде трапециевидной призмы, габариты каждой

из которых составили: длина 12 м, ширина у основания 6 м, ширина у вершины 2 м, высота 3 м (рис. 1).

Первый бурт был сформирован только из нефтесодержащих осадков сточных вод (ОСВ) и являлся «отправной точкой» при сравнении температуры окружающей среды и буртов с утилизируемым отходом. Второй бурт помимо осадков сточных вод содержал 15% навоза КРС от массы отхода в качестве биодеструкционной добавки. Третий и четвертый содержали 50% и 75% навоза КРС соответственно таблице.

Перед формированием буртов все смеси и сам отход подверглись перемешиванию с помощью фронтального погрузчика с целью гомогенизации и стабилизации таких параметров, как влажность, температура, содержание воздуха.

После того как все смеси и отдельно отход были сформированы в трапециевидные призмы – бурты, в них поместили по три температурных датчика (рис. 1).

В данной работе применялись температурные датчики, принцип работы которых основан на изменении электрического сопротивления проводников и полупроводников в зависимости от температуры. Еще такие датчики называют термопреобразователями сопротивления (терморезисторами). Интервал температур, в котором датчики данного типа корректно работают начинается от -50°C и заканчивается $+180^{\circ}\text{C}$, при этом их погрешность не превышает $\pm 1^{\circ}\text{C}$ [10], что подходит для данного эксперимента.

Эксперимент проводился в теплый период года, под открытым небом, когда среднесуточная температура не опускалась ниже $+10^{\circ}\text{C}$, на специально оборудованной для данных целей промышленной площадке, на территории Самарской области.

Измерение температуры осуществлялось дистанционно, в режиме реального времени, с помощью специально разработанного для этих целей прецизионного комплекса, который представляет собой специально сконструированный герметичный металлический контейнер, защищенный от неблагоприятных погодных условий. В нем размещено электронное оборудование, позволяющее снимать температурные показатели с датчиков, расположенных внутри бурта, и пересылать их по доступным каналам связи в любую точку Самарской области, где присутствует сотовая связь и мобильный интернет.

Электропитание оборудования осуществляется от сети 220 В. Данный комплекс располагается в непосредственной близости к буртам и с помощью проводов соединяется с датчиками измерения температуры. Они располагаются на глубине 1,5 м в трех точках бурта – по краям и в середине (рис. 1) Комплекс также отслеживает температуру окружающей среды.

Полученные в результате наблюдений данные по температуре были оптимизированы до среднесуточных и приведены к средним недельным значениям (рисунки 2 и 3).

В статье представлены результаты наблюдений за буртами в течении 12 недель с начала их формирования. Именно в этот промежуток времени протекают интересные нас интенсивные процессы биодеструкции, сопровождающиеся заметным ростом температуры.

Как видно из представленной на рисунке 2 диаграммы, температура отдельно взятого отхода не сильно отличается от температуры окружающей среды, за весь период наблюдения их разница колеблется в интервале $5-10^{\circ}\text{C}$, причем температура отхода всегда выше температуры окружающей среды. Это объясняется тем, что, во-первых, отход намного эффективнее поглощает и сохраняет тепло, чем отдает, и, во-вторых, слабым протеканием биологических процессов, при которых выделяется тепло, в толще бурта с нефтесодержащими осадками сточных вод.

При сравнении температуры окружающей среды и температуры бурта, сформированного из смеси осадков и 15% навоза КРС (рисунок 2), наблюдается резкий рост температуры бурта. Он обусловлен началом протекания биодеструкционных процессов, осуществляющихся за счет жизнедеятельности аборигенной микрофлоры и фауны, присутствующих в навозе КРС. Данное повышение температуры продолжается на протяжении всего периода наблюдений и лишь к концу 13 недели начинается плавное падение, обусловленное завершением активной стадии процесса биодеструкции в толще бурта. В итоге температура смеси опускается почти до температуры окружающей среды, но всегда остается выше на $5-10^{\circ}\text{C}$.

Как видно из графика на рисунке 2, рост температуры биодеструкционного бурта протекает в две стадии. Первая стадия предполагает активную жизнедеятельность мезофильных микроорганизмов

и длится на протяжении 6-7 недель. Особенно активно процессы мезофильной биодеструкции протекают в интервале температур 40-50°C. Это происходит в середине принятого интервала наблюдений, в течение 4-7 недели. На второй стадии деятельность мезофильных микроорганизмов затухает, но при этом температура начинает расти, так как в процесс биодеструкции включаются термофильные микроорганизмы (8-13 неделя). Температурный интервал

жизнедеятельности данной микрофлоры и фауны колеблется в интервале температур +50-70°C.

При достижении температуры в +55°C и ее дальнейшем росте большинство патогенных микроорганизмов и возбудителей гельминтозов, опасных для здоровья человека и животных, погибают из-за непереносимости высоких температур и вырабатываемых микроорганизмами-деструкторами антибиотиков.

Полученные температурные значения

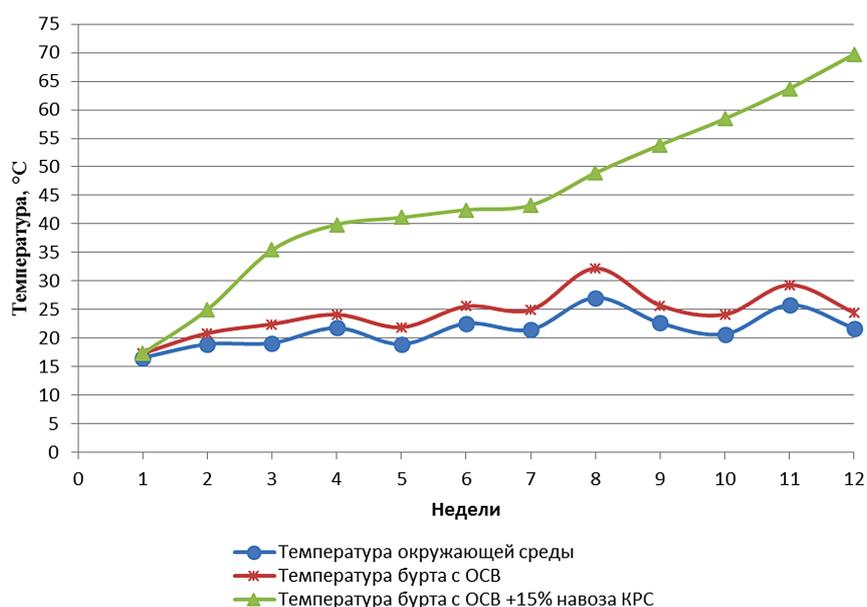


Рис. 2. Температура окружающей среды, нефтесодержащих осадков сточных вод и биодеструкционной смеси, состоящей из отхода и 15% навоза КРС

Полученные температурные значения

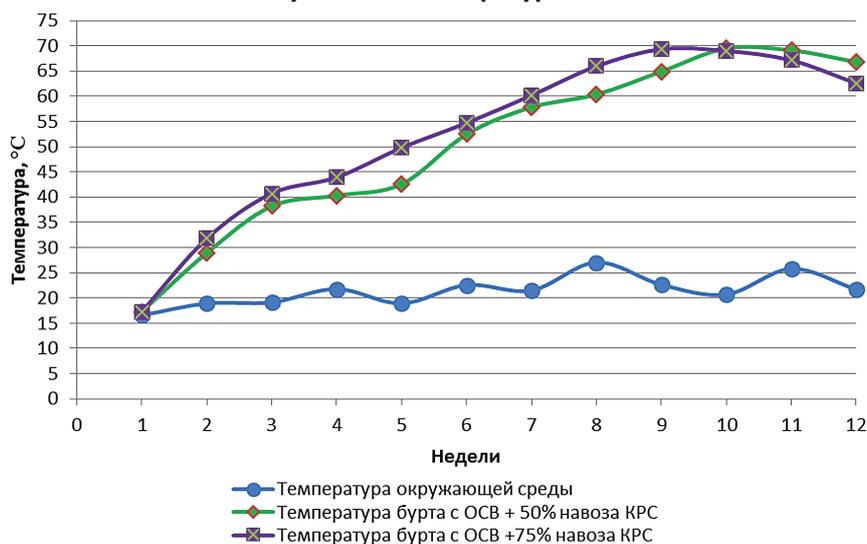


Рис. 3. Температура окружающей среды, биодеструкционной смеси наполовину состоящей из навоза КРС, и биодеструкционной смеси, состоящей из отхода и 75% навоза КРС

Как видно из диаграммы, представленной на рисунке 3, температура буртов, сформированных из осадков и навоза КРС, содержание которого намного выше 15%, резко повышается и неуклонно растет по сравнению с температурой окружающей среды. Так мезофильная стадия вступает в свою активную фазу уже на 3 неделе, в то время как в смеси, где содержание навоза КРС не превышает 15%, эта стадия наступает только на 4 недели.

Мезофильная стадия для смеси с наибольшим содержанием навоза КРС 75% протекает крайне интенсивно и по временным рамкам занимает всего лишь неделю, при этом фиксируется постоянный рост температуры. В то же время протекание этой стадии в других буртах, содержащих 15% и 50% навоза КРС занимает 2 и 4 недели соответственно, при этом в эти периоды рост температуры проходит менее интенсивно.

Термофильная стадия в бурте, где присутствует 75% навоза КРС, протекает более равномерно и интенсивно, чем в других случаях. Так за одну неделю температура поднимается в среднем на 5°C и достигает своего максимума в +70°C уже на 9 недели наблюдений, в то время как в буртах с 15 и 50% навоза КРС эта температура отмечается по истечении 12 и середины 11 недели наблюдений соответственно.

Интерес представляет протекание термофильной стадии в бурте, сформированном с добавкой 50% навоза КРС. Начиная с 5 недели температура резко повышается и растет на протяжении двух недель, достигая +57°C на 7 неделе, после чего интенсивный рост прекращается и за следующую неделю температура повышается всего на 3°C. После этого наблюдается рост температуры с характерным интервалом в 5°C за неделю до наступления температурного максимума в +70°C. В это время в буртах с 15% и 75% навоза КРС температура при термофильной стадии протекания процесса биодеструкции растёт равномерно, в среднем на 5°C за неделю, т.е. без определенных скачков. Это связано с особенностями взаимодействия микроорганизмов, присутствующих в ОСВ и навозе КРС, взятого в количестве 50% от общей массы отхода.

Лабораторные исследования показали, что формировать бурт из отходов ОСВ и навоза КРС, взятых в соотношении по массе 1 к 1 не имеет смысла, так как в этом случае температурные характеристики процесса

биодеструкции совпадают с температурно-временными рамками обезвреживания ОСВ с использованием 75% навоза КРС.

Заключение

С учетом выше изложенного можно сделать следующие выводы:

1. Исходя из быстрого и интенсивного роста температуры от +17°C до +70°C в течение заданного периода наблюдений при смешивании навоза КРС и ОСВ и малозаметному изменению температуры бурта с осадками без добавок, можно сделать выводы о том, что при смешивании навоза и отхода начинается процесс биодеструкции, активная фаза которого протекает, в среднем, в течении 12 недель и зависит от процентного содержания навоза КРС в смеси;

2. Рост температуры в термофильной стадии при биодеструкции ОСВ с использованием навоза КРС происходит, в среднем, на 5°C в неделю, за исключением смеси, где содержание носителя микрофлоры составляет 50%;

3. В третьем бурте рост температуры в термофильной стадии сопровождается скачком, что связано с особенностями взаимодействия микроорганизмов, присутствующих в ОСВ и навозе КРС, взятого в количестве 50% от общей массы отхода;

4. Максимально достигнутая температура процесса биодеструкции во всех буртах, где присутствовал навоз КРС, в зависимости от его процентного содержания, составила +70°C;

5. Высокие температуры, достигающие +60-70°C, которые сохраняются в буртах с биодеструкционными смесями на протяжении длительного периода времени и выработываемые микроорганизмами-деструкторами антибиотики позволяют устранить патогенные микроорганизмы, тем самым делая получаемый почвогрунт безопасным для здоровья человека и животных;

6. Наиболее оптимальной, с точки зрения материальных затрат и времени обезвреживания ОСВ, является смесь, содержащая 50% навоза КРС, так как стадия завершения процесса биодеструкции наступает по истечению 10 недели, что всего лишь на одну неделю уступает по скорости смеси с 75% навоза, но при этом позволяет экономить реагент. В то же время процесс биодеструкции в бурте с содержанием навоза КРС 15% протекает слишком медленно, температурный максимум в нем достигается только на 13 неделе.

Библиографический список

1. **Бирюков В.В.** Основы промышленной биотехнологии. – М.: «КолосС» «Химия», 2004. – 296 с.

2. Современные возможности утилизации и использования осадков сточных вод для восстановления плодородия земель сельскохозяйственного назначения: [Электронный ресурс] // Платформа для публикаций Pandia.ru. URL: <http://pandia.ru/text/78/414/15924.php>

3. **Гаврилов М.М., Красников П.Е., Пименов А.А.** Выбор оптимального и актуального для сельского хозяйства метода переработки осадков сточных вод. // Природообустройство. – 2017. – № 5. – С. 63-70.

4. **Евилевич А.З., Евилевич М.А.** / Утилизация осадков сточных вод. – Л.: Стройиздат: Ленингр. отд-ние, 1988. – 247 с.

5. Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства. 04 Часть 2, IV Международная Научная Экологическая Конференция. – Краснодар: КубГАУ, 2015. – 785 с.

6. **Бадмаева С.Э., Евтушенко С.В., Меркушева М.Г., Убугунов Л.Л., Бадмаева Ю.В.** Инновационные технологии повышения продуктивности агроландшафтов Восточной Сибири. Монография. – Красноярск: Изд-во КрасГАУ, 2017. – 376 с.

7. **Вайсман Я.И.** Компостирование твердых органических отходов производства и потребления. Вермикомпостирование. – Пермь: Изд-во ПГТУ, 2010. – 557 с.

8. **Ксенофонтов Б.С.** Методы биотехнологии в процессах очистки воды, воздуха и почвы. Учебник. – М.: МГТУ им. Баумана, 2010. – 72 с.

9. **Бобович Б.Б., Девяткин В.В.** Переработка отходов производства и потребления. Справочное издание / Под ред. докт. техн. наук, проф. Б.Б. Бобовича. – М.: «Интернет Инжиниринг», 2000. – 496 с.

10. Датчик температуры. Виды, характеристики, принцип действия температурных датчиков. [Электронный ресурс] // Электротехинфо.ru URL: http://www.eti.su/articles/izmeritelnaya-tehnika/izmeritelnaya-tehnika_443.html

Материал поступил в редакцию 06.11.2018 г.

Сведения об авторах

Гаврилов Михаил Михайлович, аспирант кафедры «Химия и технология органических соединений азота»; ФГБОУ ВО СамГТУ; 443100, г. Самара, ул. Первомайская, 1; e-mail: gavriloff.mikail@yandex.ru

Пименов Андрей Александрович, кандидат химических наук, доцент, заведующий кафедрой «Химия и технология органических соединений азота», ФГБОУ ВО СамГТУ; 443100, г. Самара, ул. Первомайская, 1; e-mail: chemtonc@gmail.com

Красников Павел Евгеньевич, кандидат химических наук, ведущий научный сотрудник кафедры «Химия и технология органических соединений азота»; ФГБОУ ВО СамГТУ; 443100, г. Самара, ул. Первомайская, 1; e-mail: chemtonc@gmail.com

M.M. GAVRILOV, A.A. PIMENOV, P.E. KRASNIKOV

Federal state budgetary educational institution of higher education «Samara state technical university» (SamGTU), Samara, the Russian Federation

TEMPERATURE CHARACTERISTICS OF THE PROCESS OF BIOLOGICAL UTILIZATION OF WASTE WATER SLUDGE WITH OBTAINING RECLAMATION SOIL

As a result of wastewater treatment, a large amount of waste is generated, among them the most significant and dangerous is wastewater sludge (WWS), the disposal of which is an important and urgent task for today. The most effective, and environmentally safe way of processing WWS is a biological method, it is the most profitable in terms of material and energy costs [1]. In its implementation, the received waste is mixed with manure of cattle (cattle) and other components in certain proportions. After a certain period of time a commercial product is produced from this mixture – an anthropogenic soil which can be used for reclamation of disturbed lands. This method is based on the composting process based on natural biodegradation waste, as a result of the impact on them of native microflora contained in cattle manure. To monitor the progress of the biodegradation process, to correct it, to identify the most effective proportions of mixing waste and bioreagents it is necessary to constantly monitor the temperature change in the mixture. And also relying on temperature indicators we can judge the completion of the process of neutralization. The aim of the work is to reveal the dependence

of the growth dynamics of the temperature of the process of biological processing of WWS on the content of microorganisms supporting the biodegradation process in a detoxified mixture.

Obtaining of reclamation soil, utilization of sewage sludge, biodegradation, composting.

References

1. **Biryukov V.V.** Osnovy promyshlennoj biotekhnologii. – M.: «KolosS» «Himiya», 2004. – 296 s.

2. Sovremennye vozmozhnosti utilizatsii i ispolzovaniya osadkov stochnyh vod dlya vosstanovleniya plodorodiya zemel sel'skohozyajstvennogo naznacheniya: [Elektronny resurs] // Platforma dlya publikatsij Pandia.ru. URL: <http://pandia.ru/text/78/414/15924.php>

3. **Gavrilov M.M., Krasnikov P.E., Pimenov A.A.** Vybor optimalnogo i aktualnogo dlya sel'skogo hozyajstva metoda pererabotki osadkov stochnyh vod. // Prirodoobustrojstvo. – 2017. – № 5. – S. 63-70.

4. **Evilevich A.Z., Evilevich M.A.** / Utilizatsiya osadkov stochnyh vod. – L.: Strojizdat: Leningr. otd-nie, 1988. – 247 s.

5. Problemy rekul'tivatsii othodov byta, promyshlennogo i sel'skohozyajstvennogo proizvodstva. 04 Chast 2, IV Mezhdunarodnaya Nauchnaya Ekologicheskaya Konferentsiya. – Krasnodar: KubGAU, 2015. – 785 s.

6. **Badmaeva S.E., Evtushenko S.V., Merkusheva M.G., Ubugunov L.L., Badmaeva Yu.V.** Innovatsionnye tehnologii povysheniya produktivnosti agrolandshaftov Vostochnoj Sibiri. Monografiya. – Krasnoyarsk Izd-vo KrasGAU, 2017. – 376 s.

7. **Vaisman Ya.I.** Kompostirovanie tverdyh organicheskikh othodov proizvodstva i potrebleniya. Vermikompostirovanie. – Perm: Izd-vo PGTU, 2010. – 557 s.

8. **Ksenofontov B.S.** Metody biotekhnologii v protsessah ochistki vody, vozduha i pochvy.

Uchebnik. – M.: MGTU im. Baumana, 2010. – 72 s.

9. **Bobovich B.B., Devyatkin V.V.** Pere-rabotka othodov proizvodstva i potrebleniya. Spravochnoe izdanie. / Pod. Red. Dokt. Tehn. Nauk, prof. B.B. Bobovicha. – M.: «Intermet Inzhiniiring», 2000. – 496 s.

10. Datchik temperatury. Vidy, karakteristiki, printsip dejstviya temperaturnyh datchikov. [Elektronny resurs] // Elektrotehinfo.ru URL: http://www.eti.su/articles/izmeritelnaya-tehnika/izmeritelnaya-tehnika_443.html

The material was received at the editorial office
06.11.2018 g.

Information about the authors

Gavrilov Mikhail Mikhailovich, post-graduate student of the department «Chemistry and technology of nitrogen organic compounds»; FGBOI HE SamSTU; 443100, Samara, ul. Pervomajskaya, 1; e-mail: gavriloff.mikail@yandex.ru

Pimenov Andrey Aleksandrovich, candidate of Chemical sciences, associate professor, head of the department «Chemistry and technology of nitrogen organic compounds», FGBOI HE SamSTU; 443100, Samara, ul. Pervomajskaya, 1; e-mail: chemtonc@gmail.com

Krasnikov Pavel Yevgenjevich, leading research of the department «Chemistry and technology of nitrogen organic compounds»; FGBOI HE SamSTU; 443100, Samara, ul. Pervomajskaya, 1; e-mail: chemtonc@gmail.com