

УДК 628.316.6:551.581

КОМПОСТИРОВАНИЕ ОБРАБОТАННЫХ АМИНОКИСЛОТНЫМИ РЕАГЕНТАМИ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД

©2013 С.М. Севостьянов, Д.В. Дёмин, И.В. Татаркин

Институт фундаментальных проблем биологии РАН, г. Пущино

Поступила 27.06.2013

В данной статье представлены результаты компостирования осадков сточных вод, обработанных аминокислотными реагентами в различных климатических зонах.

Ключевые слова: осадки сточных вод, аминокислотные реагенты, компостирование.

Осадки сточных вод (ОСВ) очистных сооружений представляют собой биологически опасные токсичные отходы, не подлежащие вывозу на полигоны бытовых отходов. Осадки – постоянно возобновляемые отходы, объемы которых составляют не менее 3% от объема сточных вод, в настоящее время практически не утилизируются [1].

На территории России выделяется ряд регионов, где существует реальная угроза ухудшения экологической и санитарно-эпидемиологической обстановки, возникновения чрезвычайных ситуаций из-за аварий в системах очистных сооружений, станций аэрации, прудах-накопителях и т.д.

За рубежом, в зависимости от региональных геоэкологических особенностей стран, в агропроизводстве используется от 10 до 90% накапливающихся ОСВ, в среднем в Западной Европе 40-50%. В мире прослеживается устойчивая тенденция к ежегодному росту этого показателя в общих объемах утилизации. В нашей стране по самым оптимистическим оценкам использование ОСВ в агрокультуре достигает лишь 5% [1]. С учетом сложившейся ситуации в аграрном секторе страны, недостатке минеральных и органических удобрений, высказывается мнение, что только дозы ОСВ 30-40 т/га и более могут привести к значительным изменениям агрохимических свойств почв и будут экономически рентабельны [2].

В настоящее время на подавляющем большинстве очистных сооружениях используется естественное обезвреживание осадков на иловых картах. Иловые карты занимают значительные площади земли, которая могла бы быть использована под с/х производство, промышленное или гражданское строительство. Подсушенный осадок продолжает храниться на картах, площадках складирования или котлованах на территории очистных сооружений. По данным ГНУ ВНИПТИОУ Россельхозакадемии, ежегодные объемы производства только ОСВ в России достигает 3,5 млн т по сухому веществу. Учитывая содержание в них 60% органической части, из бытовых отходов можно производить до 40 млн т компоста для дальнейшего использования в агрокультуре.

Осадки сточных вод канализации обладают удобрительными свойствами. Использование их в качестве

органического удобрения могло бы способствовать восстановлению баланса органического вещества в распаиваемых почвах и улучшению их водно-физических свойств [3]. Использование осадков при рекультивации нарушенных земель позволило бы решить проблему формирования плодородного слоя и возврат их в хозяйственный оборот. Однако ОСВ, как правило, загрязнены тяжелыми металлами (ТМ), другими поллютантами, патогенной микрофлорой, содержат яйца гельминтов и др. и могут относиться к отходам II и III класса опасности. Это обстоятельство создает очень серьезные проблемы при их утилизации, в первую очередь, препятствует использованию их в качестве органического удобрения.

Реагентная технология переработки осадков в компост [4] прошла апробацию на очистных сооружениях филиалов ОАО «РЖД» ст. Астрахань-2 и ст. Сольвычегодск Архангельской обл.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Детоксирующие и бактерицидные реагенты на аминокислотной основе производятся в соответствии с утвержденными ТУ, имеют соответствующие санитарно-эпидемиологические заключения Государственной санитарно-эпидемиологической службы РФ на применение для обработки осадков сточных вод очистных сооружений (канализации, локальных очистных сооружений промышленных предприятий, полигонов ТБО и др.). Сырьем для производства бактерицидно-детоксирующих реагентов служат белоксодержащие отходы меховой, кожевенной, мясной промышленности, птицефабрик и т.п., поэтому они дешевы и доступны.

Механизм процесса обеззараживания осадков сточных вод. Обеззараживание осадка очистных сооружений основано на действии гидроксоаминокислотных комплексных соединений меди (2+), способных взаимодействовать с белками. Комплексные соединения связываются с белками оболочек патогенных микроорганизмов, в том числе в цистированном состоянии, яиц гельминтов, вызывая их гибель. Также связываются белки вирусов, токсические белки (токсины гниения) и протеолитические ферменты типа бактериальных коллагеназ, приводя к деструкции вирусов, необратимому ингибированию токсинов и останков автолиза и гниения. Комплексы также связываются с белковыми компонентами осадка, в результате чего происходит детоксикация и стабилизация этих белковых компонентов. Продуктами взаимодей-

Севостьянов Сергей Михайлович, к.б.н., ведущий научный сотрудник, e-mail: Sevost2000@rambler.ru; Дёмин Дмитрий Викторович, младший научный сотрудник, e-mail: dmitriy_demin@rambler.ru; Татаркин Иван Владимирович, научный сотрудник, e-mail: ivantatarkin2005@rambler.ru

ствия гидроксоаминокислотных комплексов меди (как и других металлов) с белками оболочки микробов, яиц гельминтов, вирусов, токсинов, ферментов и белковых компонентов являются соединения аминокислотных комплексов с группировками белков. Такие соединения нетоксичны и химически стабильны [5].

Механизм процесса обезвреживания осадка сточных вод. Для детоксикации осадка *in situ* - без извлечения ионов тяжелых металлов, предложено использовать аминокислотный реагент, позволяющие связать ионы металлов, абсорбированные в частицах, превратив их в устойчивые нетоксичные комплексные соединения. Анионы аминокислот, связанные в комплекс с ТМ, не способны к реакциям дезаминирования, декарбоксилирования, к превращениям в биохимических циклах, к конденсации с образованием пептидов и белков. Фактически, по такому принципу происходит взаимодействие ТМ с аминокислотами в организмах. При попадании ТМ в организмы они выводятся с фекалиями, мочой и потом в виде комплексов с анионами аминокислот – глицином, серином, цистином, метионином и др. [5].

Ионы меди, цинка, свинца образуют с анионами аминокислот комплексы состава ML (M – металл, L – аминокислота) и ML_2 , а ионы хрома, кобальта, никеля, кадмия – комплексы ML , ML_2 и ML_3 . Комплексы ML_2 и CrL_3 , малорастворимы. В комплексах анионы аминокислот связывают центральный атом (ТМ) через донорный атом азота аминогруппы и атом карбоксильной группы. Согласно значениям констант устойчивости [51] комплексы ML и ML_2 образуются практически со 100 % выходом при соотношении $M:L = 1:1$ и $1:2$. Растворимые комплексы разрушаются при $pH < 5$, а малорастворимые – при $pH < 2$.

Механизм взаимодействия реагента с ТМ в ОСВ следующий. Атомы-доноры группировок веществ, составляющих осадок, и атомы кислорода молекул воды, связанные с ионом металла в осадке, замещаются на атомы кислорода и азота аниона аминокислоты. Образуется незаряженный комплекс, из внутренней сферы металла вытесняются молекулы воды и снижается заряд коллоидной частицы, а комплексы удерживаются в частицах осадка. Указанные процессы сопровождаются некоторым уменьшением содержания воды в частицах и уплотнением структуры частиц [5].

Произведены подбор дозы реагента на месте рН-метрическим титрованием.

Определены дозы реагента в расчете на естественную влажность и сухой вес (мл/кг, кг/т), которое составило 1,2-1,65 л/т ОСВ при влажности 30-40%.

Главное условие – при непосредственном внесении реагента добиться рН иловой жидкости 7,5 и более. В случае использования подсушенных осадков доза увеличивается.

Компостирование – это биотермический процесс разложения органических веществ осадков, который осуществляется под действием аэробных микроорганизмов. Аэробный процесс разложения органического вещества сопровождается повышением температуры до 50-80 С, и сокращению массы осадков. Количество органических веществ при этом сокращается на 25-40 %, а иногда и более в зависимости от состава осадков, метода, продолжительности и условий компости-

рования [6].

Для компостирования были использованы опилки лиственных пород деревьев, соотношение ОСВ : опилки принято 1:0,5. Опилки заранее увлажняли и смешивали с осадками. Формировали штабеля 3 на 2 м, высотой 1 м. В процессе компостирования контролировали влажность, не допуская пересыхания верхнего слоя. Проведено двукратное перемешивание, а оценку готового компоста через 2,5 мес.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В результате компостирования штабель на ст. Астрахань-2 практически не изменился в объеме, влажность 47 %, а штабель на ст. Сольвычегодск уменьшился практически в два раза, влажность 56 %.

Органическое вещество в осадках характеризуется сложным и разнообразным составом. Основные элементы – углерод, водород, азот, фосфор, сера и другие. Общим показателем содержания органического вещества в компосте могут считаться потери при прокаливании, так как они составляют основную часть таких потерь. Потери при прокаливании в компосте ст. Астрахань-2 около 55 %, второго компоста около 65%. Общего углерода в первом компосте 11,3%, второго около 15%. Содержание общего азота 0,4% и 0,6 соответственно. По содержанию валовых форм фосфора и калия полученный компост относится к полноценному органическому удобрению отвечающим требованиям к удобрениям на основе осадка сточных вод.

Проведены микробиологические исследования осадка сточных вод ст. Астрахань-2 до обработки аминокислотным реагентом и после компостирования (табл. 1).

Результаты показали, что после проведенных работ в полученном компосте индекс ЛКП снизился с 1000 ед до допустимых показателей. По санитарно-бактериологическим и санитарно-паразитологическим показателям соответствует требованиям по первой группе продукции на основе осадка сточных вод для сельскохозяйственного использования [7].

Проведены микробиологические исследования осадка сточных вод ст. Сольвычегодск до обработки аминокислотным реагентом и после обработки и компостирования (табл. 2).

Результаты показали, что после проведенных работ в полученном компосте индекс ЛКП снизился с 1000 ед до допустимых показателей. По санитарно-бактериологическим и санитарно-паразитологическим показателям соответствует требованиям по первой группе продукции на основе осадка сточных вод для сельскохозяйственного использования [7].

Содержание тяжелых металлов и микроэлементов в вылежанных осадках до обработки и компостирования ст. Астрахань-2 и ст. Сольвычегодск представлены в таблице 3.

На основе проведенных анализов осадка сточных вод до обработки и компостирования показано, что валовое содержание таких металлов, как цинк, хром, никель, кадмий в исходных осадках соответствовали требованиям ГОСТ Р 17.4.3.07-2001, за исключением меди и свинца в ОСВ ст. Астрахань-2, где они не соответствуют требованиям для осадков группы I, кото-

рые используют под все виды сельскохозяйственных культур, кроме овощных, грибов, зеленных и земляники, но соответствует осадкам группы II, которые используют под зерновые, зернобобовые и технические культуры. Осадки обеих групп можно использо-

вать в промышленном цветоводстве, зеленом строительстве, лесных и декоративных питомниках, для биологической рекультивации нарушенных земель и полигонов ТБО.

Таблица 1. Микробиологические показатели осадков сточных вод и компоста на их основе ст.Астрахань-2

Наименование показателей	Нормативы	Результаты		НД на метод исследования
		Исходный ОСВ	Компост	
Индекс ЛКП	1-10	1000	8	МУК Методы микробиологического контроля почвы, 2004 г.
Индекс энтерококков	1-10	<1	0	
Патогенные бактерии, в т.ч. сальмонеллы	0	0	0	
Яйца гельминтов экз/кг	0	1	0	МУК 4.2. 796-99

Таблица 2. Микробиологические показатели осадков сточных вод и компоста на их основе (ст. Сольвычегодск)

Наименование показателей	Нормативы	Результаты		НД на метод исследования
		Исходный ОСВ	Компост	
Индекс ЛКП	1-10	1000	7	МУК Методы микробиологического контроля почвы, 2004г.
Индекс энтерококков	1-10	1000	10	
Патогенные бактерии, в т.ч. сальмонеллы	0	не обн.	не обн.	
Яйца гельминтов экз/кг	0	не обн.	не обн.	МУК 4.2. 796-99

Таблица 3. Содержание тяжелых металлов и микроэлементов в осадках

Тяжелые металлы и микроэлементы	Содержание элементов в исходных ОСВ, мг/кг	
	ст.Астрахань-2	ст. Сольвычегодск
Zn	1120	690
Fe	60000	24290
Cu	1072	208
Cr	196	23,8
Pb	369	45,5
Ni	240	20,2
Cd	10,2	2,8
Hg	0,19	0,26
As	1,9	2,3
Co	8,3	4,1
Al	16780	15150
P	9520	19160
K	4210	1090

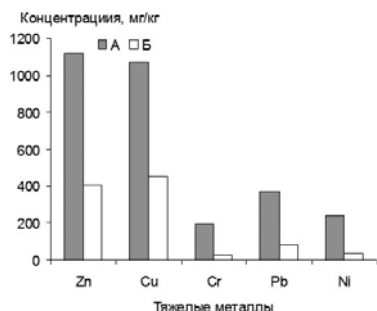


Рис. 1. Содержание тяжелых металлов до и после компостирования (ст. Астрахань-2). А – концентрация тяжелого металла в исходном осадке; Б – концентрация тяжелого металла в компосте

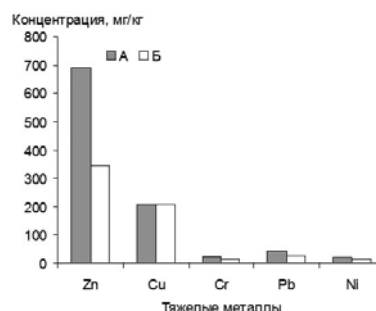


Рис. 2. Содержание тяжелых металлов до и после компостирования (ст. Сольвычегодск). А – концентрация тяжелого металла в исходном осадке; Б – концентрация тяжелого металла в компосте

Осадки сточных вод ст. Астрахань-2 содержат большинство элементов в более высоких концентрациях, чем ОСВ ст. Сольвычегодск, что связано с климатическими условиями их депонирования. В условиях Астраханской области процессы потери влаги и минерализации протекают значительно быстрее, что приводит к концентрированию микроэлементов.

Анализ результатов после обработки и компостирования позволяют сделать вывод, что валовое содержание поллютантов соответствуют первой группы для продукции из осадка сточных вод и могут быть использованы в сельском хозяйстве.

При компостировании происходит трансформация и минерализация органического вещества, поэтому для условий Астраханской области целесообразно ОСВ компостировать по мере их образования.

ВЫВОДЫ

1. По результатам опытно-экспериментальных работ на Сольвычегодских очистных сооружениях ОАО «РЖД», Астраханских очистных сооружениях ОАО «РЖД» ст. Астрахань-2 после обезвреживания и обеззараживания осадка сточных вод были получены компосты, которые отвечают требованиям предъявляемых к органическим удобрениям.

2. В результате обработки аминокислотными реагентами и компостирования микробиологические показатели соответствуют нормативам.

3. Концентрации тяжелых металлов и микроэлементов в осадках и компосте Астрахань-2 значительно больше, чем на ст. Сольвычегодск, но при этом меньше содержание азота – 0,4 и 0,6%, органического углерода 11,3 % 15% соответственно.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ресурсы органических удобрений в сельском хозяйстве России (информационно-аналитический справочник) / Под ред. А.И. Еськова. Владимир, 2006. 200 с.
2. *Максаков В.И.* Экономическая эффективность использования осадков сточных вод // *Агрохим. вестник.* 2000. № 3. С. 27-28.
3. Стратегия использования осадков сточных вод и компостов на их основе в агрокультуре / Под ред. Н.З. Милащенко. М., 2002. 140 с.
4. *Демин Д.В., Севостьянов С.М., Татаркин И.В., Худяков О.И.* Переработка осадков сточных вод в экологически безопасный компост // *Земледелие.* 2009. № 5. С. 16-18.
5. *Шемякина Е.В., Фридман А.Я.* Детоксификация ионов тяжелых металлов на основе их комплексобразования с аминокислотами // *Экологическая ситуация в городе Серпухове и перспективы ее улучшения.* М., 2000. С. 180-184.
6. *Евлевич А.З., Евлевич М.А.* Утилизация осадков сточных вод. Л., 1988. 248 с.
7. ГОСТ Р 17.4.3.07-2001. Охрана природы. Почвы. Требования к свойствам осадков сточных вод при использовании их в качестве удобрений. - М.: Госстандарт России. 2001. 7 с.

COMPOSTING AMINO ACID REAGENT TREATED SEWAGE SLUDGE

©2013 S.M. Sevostyanov, D.V. Demin, I.V. Tatarkin

Institute of Basic Biological Problems of RAS, Pushchino

This article presents the results of the composting of sewage sludge-treated amino acid reagents in different climatic zones.

Keywords: *sewage sludge, the amino acid reagents, composting.*