

УДК 628.316.6:551.581

КОПОСТИРОВАНИЕ 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

Детоксицирующие 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-детоксицирующих 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 |

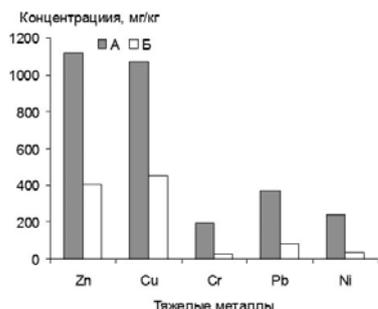


Рис. 1. Содержание тяжелых металлов до и после компостирования (ст. Астрахань-2). А – концентрация тяжелого металла в исходном осадке; Б – концентрация тяжелого металла в компосте

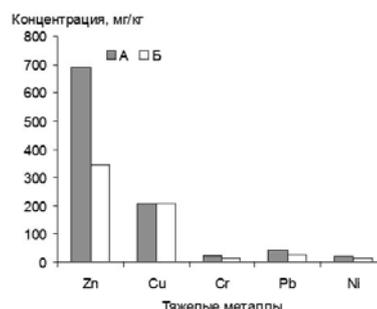


Рис. 2. Содержание тяжелых металлов до и после компостирования (ст. Сольвычегодск). А – концентрация тяжелого металла в исходном осадке; Б – концентрация тяжелого металла в компосте

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.*