

**Чукалина Елена Михайловна**

Chukalina Elena

Российский государственный университет туризма и сервиса

Russian State University of Tourism and Service

Аспирант / post graduate

E-Mail: [chukalina@kntp.ru](mailto:chukalina@kntp.ru)

Машины, агрегаты и процессы коммунального хозяйства

## **Основные характеристики и эксплуатационные свойства биошлама**

### **The main characteristics and usage of the biosludge**

**Аннотация:** Для утилизации в мусоросжигательных установках, чтобы минимизировать транспортные расходы целесообразно применять высококачественную технику для предварительного обезвоживания биошлама. В последние годы получает распространение метод приготовления почвогрунтов с использованием стабилизированных и обеззараженных осадков, торфа, неплодородного грунта и различных добавок, в том числе природного цеолита для снижения подвижности тяжелых металлов и нитратов.

**Ключевые слова:** Биошлам, иловые площадки, обезвоживание, очистка, почвогрунт.

**The Abstract:** For disposal in waste incinerators to minimize transportation costs it is advised to use high quality machinery for preliminary biosludge dehydration. In recent years, the method of soil preparation have been using stabilized and disinfected remains, peat, in fertile soil and various additives, including natural zeolite for reducing the mobility of heavy metals and nitrates.

**Keywords:** biosludge, sudge beds, dehydration, clearing, soil.

\*\*\*

Размещение осадков сточных вод коммунальных очистных сооружений в виде биошлама практически во всех регионах предопределяет острый дефицит выделенных для этих целей площадей. Биошлам рассматривается как целенаправленно созданный сток для извлеченных путем очистки сточных вод питательных и вредных веществ при утилизации или использовании. Для утилизации в мусоросжигательных установках, чтобы минимизировать транспортные расходы целесообразно применять высококачественную технику для предварительного обезвоживания биошлама. Ввиду увеличения массы и возможных теплотехнических проблем обезвоживание не следует производить с использованием неорганических обезвоживающих средств (известь и железо). Обезвоживание с использованием камерных фильтр-прессов с использованием современных высокомолекулярных полиэлектролитов позволяет достигать значения содержания твердых веществ в биошламе свыше 30%. Напротив, в случае сельскохозяйственной утилизации целесообразно применение дешевых, более старых и менее хорошо обезвоживающих реагентов, если расстояния для транспортировки биошлама незначительны.

При принятии решения в пользу какого-то метода подготовки шлама наряду с достижением первичной цели не следует упускать из вида и вторичные затраты [1]. В любом случае нужно сознавать, какие дополнительные затраты связаны с соответствующим процессом подготовки шлама. Могут измениться эксплуатационные расходы, как, например, расходы на персонал, энергию или расходные материалы (кондиционирующие средства). Повышенное внимание следует уделить и иловой воде. При незначительных резервных мощностях очистной станции, повышенных требованиях к качеству процесса, сезонном

обезвоживании и особенно при одновременной переработке биошлама, поступившего от других очистных станций, иловую воду необходимо обработать и, возможно, отдельно переработать, чтобы исключить превышение предъявляемых к процессу требований, особенно в отношении азота.

Вернемся к проблемам солей тяжелых металлов, о которых идут многолетние споры среди специалистов. Основным аргументом, который ставится во главу всей проблематики - это возникновение токсичности овощей и другой продукции, выращенной на грунте, содержащем тяжелые металлы [2]. Как известно и компост, и обезвреженный иловый осадок богаты гуминовыми веществами, которые положительно влияют на урожайность. Проведенные в 1996–2000 гг. научные эксперименты по выращиванию овощной и злаковой продукции на компосте показали исключительно высокие агрономические качества этого естественного удобрения, т. к. в нем содержится более 60 % органики, 1,2 % калия, 0,9 % фосфора, 2,5 % кальция, его РН = 7,6–7,8. Опыты, проводимые Ленинградским Институтом Токсикологии, показали прибавку урожая картофеля на 77 %. Содержание солей тяжелых металлов (свинец, ртуть, кадмий, мышьяк, медь, цинк, никель, хром, олово) в выращенных на компосте огурцах и помидорах оказалось меньше, чем в почве и по заключению института «продукция растениеводства по исследованным показателям полностью безопасна» (заключение № 01–05 / 337 от 10.11.96 г.). Аналогичные результаты получены Всероссийским научно-исследовательским, конструкторским и проектно-технологическим институтом химической мелиорации почв (ВНИПТИМ) Российской академии сельскохозяйственных наук. На основании «Протокола испытаний огурцов и почвы на содержание тяжелых металлов, выполненных по письму ГУП МПБО-П за № 01–121 от 10.07.96», имеется заключение: «Содержание тяжелых металлов в плодах огурца ниже ПДК для овощей». В перечне тяжелых металлов значатся: кадмий, азот, олово, цинк, медь, кобальт, марганец, хром. Вышеизложенные материалы являются прекрасным подтверждением необходимости серьезно подойти к решению проблемы вторичного использования ресурсов, отобранных человечеством у природы в процессе его жизнедеятельности, чтобы вернуть в природу у нее отобранное.

Интенсификация процесса подготовки осадков к использованию в качестве удобрений может быть достигнута компостированием с органосодержащими наполнителями (торфом, опилками, корой, сельскохозяйственными растительными отходами, листвой, гидролизным лигнином и др.) [3]. Компостирование является биотермическим процессом разложения органических веществ, в результате которого происходят разогрев компостируемой массы до 50–70 °С, снижение влажности до 55–65 %, стабилизация органических веществ и перевод их в более доступные формы, обеззараживание и улучшение физико-механических свойств компостируемой массы.

Компостированию может подвергаться стабилизированный и нестабилизированный осадок, обезвоженный механическим или естественным путем. Наибольшее распространение получил метод площадочного компостирования, где смешение компонентов и весь процесс осуществляются на площадке. Однако этот метод имеет существенный недостаток, связанный с невозможностью приготовления однородной компостной массы. Для получения однородной смеси возможно использование различных смесителей. Так, на очистных сооружениях г. Дубны (Московская область) смешение осадка с опилками осуществляется в двухвалковом шнековом смесителе, установленном в цехе непосредственно после транспортера обезвоженного осадка. Готовая компостная смесь вывозится на площадки компостирования.

В последние годы получает распространение метод приготовления почвогрунтов с использованием стабилизированных и обеззараженных осадков, торфа, неплодородного грунта и различных добавок, в том числе природного цеолита для снижения подвижности

тяжелых металлов и нитратов. Данная ситуация характерна для крупных городов страны. Складирование осадков при влажности 70–80 % на полигонах депонирования имеет ряд недостатков: при такой влажности и характерной вязкой консистенции осадок обладает пластичными свойствами, из-за чего невозможна послойная укладка с пересыпкой изолирующими слоями грунта, песка и др., невозможно движение техники по осадку, затруднена в дальнейшем рекультивация полигонов. Как правило, при таком способе захоронения полигон полностью заполняется одним осадком, высота складирования может достигать 15–20 м, осадок сбрасывается с машин вниз и сползает под собственной тяжестью, заполняя все тело полигона. Закрытие полигона и его рекультивация требуют применения специальных технологий. Опыт показывает, что осадок, складированный таким образом, остается практически законсервированным на многие годы, возможно десятилетия, и с ним практически ничего не будет происходить. Вероятность подсушивания и биохимической трансформации при низких температурах и отсутствии воздуха очень мала.

Значительные масштабы в настоящее время получает складирование механически обезвоженного осадка совместно с твердыми бытовыми отходами с целью их захоронения на полигонах. Имеются наблюдения о положительном влиянии складированных осадков на процессы разложения твердых бытовых отходов и их стабилизацию.

Уменьшение влажности биошлама сопровождается изменением его объёма и физико-механических характеристик, которые являются важными факторами, определяющими способ обращения с биошламом. При оценке степени изменения этих факторов в зависимости от влажности осадка следует остановиться на самом определении «влажность биошлама».

Методика технологического контроля работы очистных сооружений городской канализации предусматривает определение влажности биошлама как отношение массы воды  $P_w$ , удалённой высушиванием образца биошлама до постоянной массы, к массе образца до его сушки  $P$ . Эту влажность часто называют объёмной влажностью  $W^*$  и определяют по формуле:  $W^* = P_w / P \times 100\%$

Если же рассматривать шлам сточных вод как техногенный грунт, образованный в результате деятельности человека (т.е. классифицировать его антропогенным образованием согласно табл. 4 ГОСТ 25100-95 «Грунты. Классификация») [1], то влажность биошлама следует определять по ГОСТ 5180-84 «Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик» [1] как отношение массы воды  $P_w$ , удалённой высушиванием образца до постоянной массы, к массе высушенного образца ( $P - P_w$ ). Эту влажность назовём весовой влажностью  $W$ .

Она определяется по формуле:  $W = P_w / (P - P_w) \times 100\%$

Для изучения соотношения величин объёмной и весовой влажности биошлама, а также влияния их на физические характеристики осадка, ЗАО «ПИНИБ «ГИТЕСТ» выполнен полный комплекс лабораторных исследований образцов биошлама с различной влажностью. Образцы биошлама с объёмной влажностью 60 – 90 % формировали из монолитов, отобранных в соответствии с ГОСТ 12071-72 «Грунты. Отбор, упаковка, транспортирование и хранение образцов» [2] с иловых площадок Курьяновских очистных сооружений ПУ «Мосочиствод».

Для получения образцов биошлама с меньшей объёмной влажностью монолиты, отобранные с иловых площадок, были подсушены. Высушивание образцов обезвоженного биошлама до постоянной массы позволило получить образцы сухого вещества в биошламе (влажность 0%).

Изучение физических свойств биошлама сточных вод во всём возможном диапазоне изменения его влажности, выполненное по [1], позволило выявить закономерности изменения

этих свойств и представить их на рис. 8 в виде зависимостей весовой влажности  $W$ , пористости  $n$ , плотности сухого вещества  $P_d$ , и коэффициента водонасыщения  $S_r$  от объёмной влажности биошлама  $W^*$ .

Из графика зависимости  $P_d = f(W^*)$  видно, что плотность сухого вещества  $P_d$  в биошламе интенсивно увеличивается по мере снижения объёмной влажности  $W^*$  лишь на начальном этапе обезвоживания. Так, например, снижение объёмной влажности осадка с 97 – 98 % на 20 % приводит к повышению плотности сухого вещества в нём и, соответственно, к уменьшению объёма осадка в 6 – 8 раз:

$$N = \frac{Pd(\text{при } W^* = 77 \div 78 \%)}{Pd(\text{при } W^* = 97 \div 98 \%)} = \frac{0,42 \div 0,40}{0,07 \div 0,05} = 6 \div 8$$

Столь существенное уменьшение объёма биошлама при снижении влажности проявляется лишь до тех пор, пока объём жидкой среды в биошламе значительно превалирует над суммарным объёмом сухого вещества и газов, т.е. пока коэффициент водонасыщения  $S_r$  характеризуется величиной  $0,9 \div 1,0$ . При объёмной влажности биошлама  $W^* = 75 \div 65 \%$  достигается такое соотношение объёмов жидкой среды и сухого вещества в биошламе, когда изменяется его структура. Жидкость остаётся только в порах, сформированных сухим веществом. Дальнейшее снижение влажности биошлама происходит за счёт изменения величины насыщения жидкостью пор сухого вещества, поэтому не даёт ранее достигаемого эффекта по уменьшению объёма биошлама.

Снижение объёмной влажности биошлама с 77 % до 0 % (т. е. полное высушивание) повышает его плотность до значения  $P_d = 0,87$  (при  $W^* = 0\%$ ) т.е. объём биошлама уменьшается только в 2,1 раза:

$$N = \frac{Pd(\text{при } W^* = 0 \%)}{Pd(\text{при } W^* = 77 \%)} = \frac{0,87}{0,42} = 2,1$$

Способ захоронения осадка одним ярусом опробован на опытно-производственном участке при реконструкции иловой площадки №8 Курьяновской станции аэрации. На площади 2,5 га в хранилище глубиной 10 м было уложено 135 тыс. м<sup>3</sup> обезвоженного илового биошлама, в настоящее время производится его перекрытие.

Перекрытие захороненного или заложенного на кондиционирование осадка может быть осуществлено по патенту РФ № 2255055 «Способ создания грунтового изолирующего слоя на обезвоженном осадке в обвалованном полигоне» [1].

Наиболее активная микробиологическая деятельность наблюдается при влажности исходной смеси на основе осадков сточных вод равной 60-65%. Для получения смесей такой влажности необходим большой расход влагопоглощающих материалов. Меняя долю и вид наполнителя в компостируемой массе можно не только регулировать воздушный и водный режимы субстрата, но и уменьшать влажность осадков сточных вод путем увеличения пористости.

При содержании влагопоглощающих компонентов (опилки, листья) более 50% приводит к пересыханию биокомпоста и обеднению его легкоразлагаемыми органическими веществами.

Для исходных смесей, в составе которых преобладает осадок сточных вод (они более влажные и плотные), рекомендуется установить режим более интенсивного перемешивания ротора биоферментера.

Влажность смеси также можно регулировать добавлением в биоферментер микробиологических добавок (затравки) в виде стущенного активного ила или небольших порций готового биокомпоста. Они ускоряют процесс ферментации, и способствуют ускорению разогрева и стабилизируют влажность субстрата. Использование той или иной микробиологической добавки зависит от удобства (технологичности) смешения и требуемой влажности субстрата. Если влажность исходной смеси избыточна (свыше 65%), то предпочтительнее добавлять более сухой готовый биокомпост. Если начальная влажность невысокая (50- 55%), то в исходную смесь необходимо вводить сгущенный активный ил. Количество вносимого активного ила должно определяться заданной оптимальной влажностью, а доля вносимого в качестве затравки готового биокомпоста не должна превышать 10-15% по массе, а при качественном перемешивании достаточно и менее 10%.

При компостировании осадка сточных вод методом твердофазной аэробной ферментации главным фактором, лимитирующим разогрев субстрата, на наш взгляд, является недостаточная аэрация в противовес имеющемуся в литературе мнению о недостатке легкоразлагаемых веществ в термофильно сброженном осадке и его неспособности набрать высокую температуру в процессе компостирования.

Минимальное свободное газовое пространство исходной смеси должно составлять не менее 30%. В процессе ферментации необходимо добиваться равномерного проникновения кислорода в компостируемую смесь. Биоферментер должен быть оборудован регулируемой принудительной вентиляцией и механизмом перемешивания субстрата. Неперерывное перемешивание способствует образованию и схлопыванию микро- и макропустот, в которых за счет вакуум-эффекта происходит засасывание нагретого кислородсодержащего газа с температурой около 60°C. Это обеспечивает не только хорошую аэрацию, но и быстрый разогрев всей массы перерабатываемого сырья.

Скорость проникновения воздушной смеси в компостируемую массу должна быть на уровне 0,3 мм /сек (около 1 м/час). Концентрация кислорода в компостируемой смеси не должна опускаться ниже 8-10% [4]. Потребность в кислороде неодинакова в течение всего процесса ферментации: она низка в мезофильной стадии и возрастает до максимума в термофильной стадии. В процессе остывания и созревания компоста аэрация не требуется.

Для ускорения микробиологических процессов и накопления питательных веществ в компосте рекомендуется продувать субстрат нагретым до 50°C воздухом, что приводит к длительному повышению температуры перерабатываемого субстрата до 60°C. При достижении температуры субстрата 55-60°C рекомендуется чередовать подачу в биоферментеры теплого воздуха с интервалом 2-3 часа, чтобы позволить термофильной микрофлоре более полно использовать свой энзиматический аппарат для переработки органического вещества. Чередование в продуве компостируемой массы теплым воздухом позволяет за более короткий срок добиться получения высококачественного биокомпоста [5].

Оптимальной температурой для осуществления полного цикла микробиологического разложения компостной смеси на основе осадка сточных вод являются температуры 55-60°C.

Продув смесей с повышенной влажностью теплым воздухом может частично компенсировать интенсивное перемешивание, ускорить разогрев субстрата до высоких температур, что позволит достичь полного обеззараживания и ускорения темпов компостирования.

*Работа выполняется при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках государственного контракта по Федеральной целевой программе «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007-2013 годы».*

## ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 25100-95 «Грунты. Классификация»
2. ГОСТ 5180-84 «Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик»
3. ГОСТ 12071-72 «Грунты. Отбор, упаковка, транспортирование и хранение образцов»
4. Патент РФ № 2255055. Патентообладатель ЗАО «ПИНИБ «ГИТЕСТ».
5. СП 11-102-97. Инженерно-экологические изыскания для строительства.