

**Осадок сточных вод городских очистных сооружений – ресурсная сокровищница для предприятий ЖКХ**

Хрусталеv Б. М.<sup>1</sup>, Пехота А. Н.<sup>1</sup>, Вострова Р. Н.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Белорусский национальный технический университет  
Минск, Республика Беларусь,

<sup>2</sup>Белорусский государственный университет транспорта  
Гомель, Республика Беларусь

*Представлен анализ образования, основные направления использования и переработки осадка сточных вод городских очистных сооружений, с точки зрения ресурсоценного вторичного отхода, образующегося от работы очистных сооружений. Представленные методы и технологии его применения и использования, с учетом результатов современных исследований и разработанных доступных технологий.*

Во всех крупных городах и многих населенных пунктов нашей страны и рубежных странах эксплуатируются очистные сооружения. Ежегодно в Республике Беларусь от работы очистных сооружений образуется до 200 тыс тонн осадков сточных вод (ОСВ), которые в основном складировуются и хранятся на специальных иловых площадках очистных сооружений. Осадок сточных вод является одним из значительных по объемам накопления в комплексе проблем жилищно-коммунального хозяйства и при этом он продолжает оставаться одним из малоиспользуемых отходов, образующихся от жизнедеятельности человека в условиях городской среды обитания. В связи с этим интерес к проблеме использования ОСВ остается актуальным в части поиска путей его утилизации, так как в последние годы специалистами природоохранных ведомств отмечено увеличение объемов его образования.

В настоящее время ОСВ в основном складировуются на территории очистных сооружений, что создает неблагоприятную экологическую ситуацию вблизи мест размещения.

Осадок сточных вод представляет собой вещество черного цвета с неприятным запахом. Имеет дисперсную систему, степень которой колеблется от 10 до 107 см<sup>-1</sup>, что позволяет рассматривать осадки сточных вод как коллоиды с повышенной вязкостью, имеющие влажность 80 и более процентов. Механически обезвоженный осадок может содержать в своем составе 65–80 % воды. Специалистами состав химических элементов, содержащихся в ОСВ, оценивается в следующих соотношениях: углерод – 16–27 %; азот (общий) – 1,5–2,5 %; сухое вещество – 23–45 %; pH –

6,0–9,0; минеральная часть – 35–48 %; фосфор (общий) – 2–4 %; калий (общий) – 0,5–1,0 %. При этом наряду углеводами, соединениями органического происхождения и отдельными с полезными элементами питания растений, ОСВ могут содержать в своем составе токсичные органические соединения, «тяжелые металлы», патогенную микрофлору. Содержание элементов в ОСВ колеблется в широких пределах и определяется в основном составом и соотношением коммунально-бытовых и промышленных стоков, поступающих на очистные сооружения населенного пункта, а также вида очистных сооружений и степени обработки ОСВ.

В настоящее время, интерес к проблеме использования ОСВ постоянно растет, в связи с усилением внимания со стороны государства к вопросам охраны окружающей среды и постоянным возрастанием объемов очищаемых сточных вод. Поэтому актуальность решения проблем утилизации осадка сточных вод имеет важное общегосударственное и народнохозяйственное значение и требует скорейшего решения.

На современном этапе, основными направлениями использования и переработки осадка сточных вод являются технологии представленные на рис. 1.

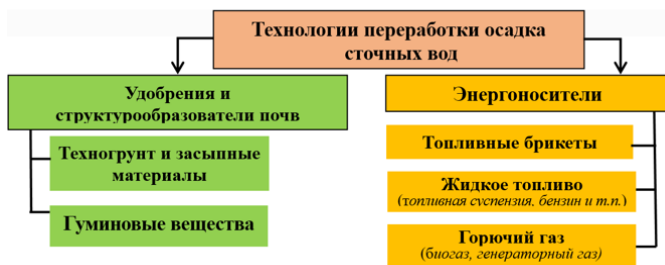


Рис. 1. Основные направления использования и переработки осадка сточных вод

По состоянию на настоящее время из хозяйственного оборота изымается для складирования, сушки или захоронения ОСВ значительные площади земель, которых, например, только, на очистных сооружениях КПУП «Гомельводоканал» задействовано более 15,0 га.

На современном этапе, учитывая многолетние проведенные исследования и разработанные основные направления использования и переработки осадка сточных вод, выбор путей утилизации и рециклинга должен базироваться на накопленном отечественном и зарубежном опыте.

В Республике Беларусь наибольшая активность исследований по направлениям утилизации ОСВ, отмечается с начала 70-х годов прошлого

столетия. В этот период белорусскими учеными и специализированными по этому направлению научными учреждениями республики в рамках республиканских программ, проводились исследования с разработкой различных способов наиболее эффективного использования осадков городских сточных вод. К ним можно отнести исследования по их использованию в сельскохозяйственном земледелии в качестве удобрения с учетом действующих на то время нормативов по охране окружающей среды. К концу восьмидесятых годов 20 века был выполнен значительный объем научных исследований по утилизации и рециклингу осадка, в результате в впервые в нашей республике были разработаны рекомендации, нормировавшие регламент использования ОСВ в качестве удобрений.

Российские ученые, исследовавшие данную проблему, пришли к мнению о возможности использования ОСВ в качестве удобрения в земледелии после компостирования, в зеленом строительстве города, а также допускается его применение при рекультивации нарушенных земель.

В странах Европейского Союза осадки находят применение при рекультивации земель, в первую очередь нарушенных при добыче полезных ископаемых, а также вырабатывают земельный гранулят, путем мокрого термического окисления, с последующим использованием в сельскохозяйственном производстве продукции.

Как показывает анализ последних десятилетий, растущее количество образующихся ОСВ успешно утилизировать с применением одной из технологий не удастся, поэтому во всем мире исследователи внедряют и разрабатывают комплексные подходы к утилизации осадков. При этом экспертами в этой области отмечено, что наиболее существенное количество осадка можно утилизировать, используя термическую переработку.

В качестве решения данного вопроса разработана технологическая линия, схема которой представлена на рис. 2. Разработанная технология обеспечивает брикетирование многокомпонентных составов твердого топлива на основе структурно-разнородных горючих отходов, а выполненный комплекс исследований, связанных с определением оптимального состава, обеспечил приемлемое соотношение смеси по экологическим и экономическим показателям. Применение данной технологии и разработанных составов позволяют получать многокомпонентное твердое топливо (МТТ) с оптимальным соотношением компонентов брикетируемой смеси: осадков сточных вод – не более 48 %, древесных отходов – не менее 49 %, отходов нефтепродуктов – не более 3 %. Это обеспечивает при влажности брикетируемой смеси в пределах 38–43 %, производительность установки по изготовлению твердого топлива не менее 1,01 т/ч, с возможностью получения твердого топлива с плотностью 0,86 т/м<sup>3</sup>, теплотой сгорания не менее 16 МДж/кг при влажности 20 % и удельной величине энергозатрат на его производство 29,7 кВт·ч на тонну топлива.

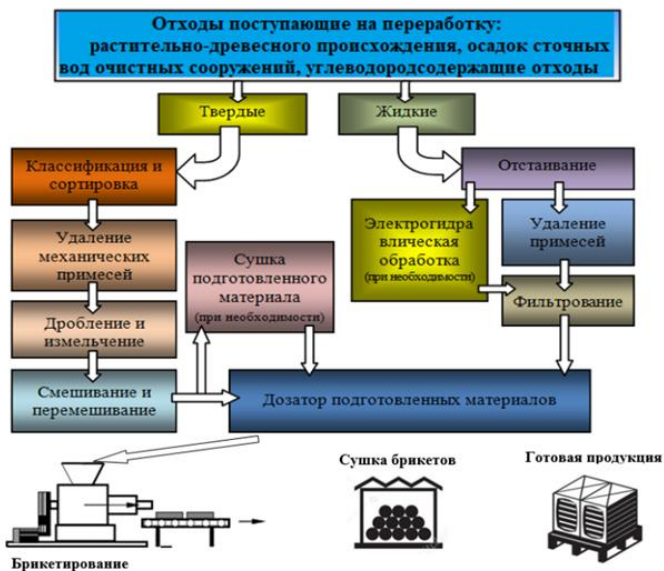


Рис. 2. Принципиальная технологическая схема получения МТТ

Такой подход при формировании многокомпонентных смесей обеспечивает оптимальное соотношение химических элементов в конечном составе топлива, что при его сжигании в котлоагрегатах обеспечивает нормированные параметры содержания вредных веществ в выбросах. Разработанная авторами технология, составы топлива и оборудование для его производства находят применение в ближнем и дальнем зарубежье под брендовым названием «MSF-топливо» (англ. multicomponent solid fuel) [5]. Разработанная технология получения «MSF-топлива» предусматривает использование в качестве связующего компонента осадок сточных вод, лигнин гидролизный, сапропель, отходы переработки торфа и т. п., при этом брикетирование многокомпонентной смеси структурно неоднородных отходов, является сложным технологическим процессом.

После термической или атмосферной сушки МТТ в теплый период года, 1 переработанная тонна ОСВ (в расчете на сухую массу) позволяет получить 531–556 кг условного топлива, в зависимости от состава топлива. Учитывая общереспубликанский объем ранее накопленных осадков сточных вод и растущую потребность в их переработке, одним из путей опережающей утилизации этих отходов может являться производство котельно-

печного топлива в соответствии с разработанными техническими условиями ТУ ВУ 490319372.002–2021.

Одни из основных факторов экономического характера для предприятий внедряющих разработанную технологию получение искусственных видов твердого топлива с использованием отходов, является универсальность



Рис. 3. Виды форм получаемых брикетов

разработанной технологий и оборудования, за счет использования различных вторичных материальных ресурсов, в том числе и структурно неоднородных по составу горючих отходов. Вид брикетов, получаемых в процессе брикетирования представлен на рис. 3.

Согласно технологическому регламенту производства, подготовленные компоненты смеси дозируются и поступают в расходный бункер-смеситель, в котором они смешиваются при естественной температуре до однородного состояния. Подготовленная смесь характеризуется массовой влажностью и определенным соотношением многокомпонентной смеси брикетируемых веществ, обеспечивающих необходимую пластичность и плотность. К

основным факторам, определяющим формование структурного каркаса многокомпонентного брикета, относятся гранулометрический состав, активность поверхности, влажность брикетируемой смеси, условия и пропорции смешивания компонентов, давление, создаваемое в матрице при брикетировании

В ходе оценки технико-экономических показателей ожидаемого экономического эффекта от использования технологии многокомпонентного брикетирования с применением ОСВ в указанных выше соотношениях смеси с другими отходами, определено, что при себестоимости многокомпонентного твердого топлива в 30,8 \$ США, произведенного по ТУ ВУ 490319372.002–2021 «Топлива твердые многокомпонентные котельно-печные». При этом, с учетом данных «Департамента по энергоэффективности», согласно которых расчетная стоимость 1 тонны условного топлива равна 200 долларов США, по состоянию на 2023 год при расчете технико-экономических обоснований для энергосберегающих мероприятий, экономия затрат на энергоресурсы с учетом калорийного эквивалента МТТ может составить не менее 75 \$ США с одной тонны.

### Выводы

Применение разработанной технологии позволяет получать топливо обеспечивающее приемлемые теплотехнические характеристики для котлов локальных систем отопления в пределах 531–556 кг условного топлива,

при этом стоимость топлива с использованием в составе осадков сточных вод обеспечивает существенную экономию затрат на энергоресурсы, что обеспечивает разумные сроки окупаемости внедрения в пределах 21–48 месяцев, определяемые производительностью линии и марками производимого многокомпонентного топлива.

### Литература

1. Пути утилизации осадков сточных вод городских очистных сооружений [Электронный ресурс] // Институт радиобиологии НАН Беларуси – Режим доступа: <https://www.irb.basnet.by/ru/puti-utilizacii-osadkov-stochnyx-vod-gorodskix-ochistnyx-sooruzhenij/> – Дата доступа 25.10.2022.

2. Вострова, Р. Н. Вторая жизнь осадка сточных вод городских очистных сооружений / Р. Н. Вострова // Известия Гомельск. государств. университета имени Ф. Скорины. – 2009. – Т. 54, № 3. – С. 92–98.

3. Пехота, А. Н. Многокомпонентное твердое топливо: монография / А. Н. Пехота; М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель: БелГУТ, 2021. – 243 с.

Пехота, А. Н. Исследование энергетических характеристик многокомпонентного твердого топлива с использованием горючих малоиспользуемых коммунальных и производственных отходов / А. Н. Пехота // Наука и техника. – 2022. – Т. 21, № 2. – С. 164–174.

5. Пехота, А. Н. Эффективное использование твердых коммунальных отходов в энергетических целях: особенности MSF-технологии / А. Н. Пехота // Энергоэффективность. – 2022. – № 5. – С. 27–32.

УДК 691.1

### Органические теплоизоляционные материалы в современном строительстве

Чернюк Н. В.<sup>1</sup>, Пехота А. Н.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Белорусский государственный университет транспорта  
Гомель, Республика Беларусь,

<sup>2</sup>Белорусский национальный технический университет  
Минск Республика Беларусь

*Исследована эффективность применения теплоизоляционных материалов на основе использования органических компонентов. Выполненный обзор позволил определить актуальность создания новых теплоизоляционных материалов на основе органического сырья для строительства зданий различного назначения.*