

обеспечить продление эксплуатационного ресурса резервуара с определением реальных сроков его эксплуатации и технической надёжности резервуаров.

#### **Список цитированных источников**

1. Алешин, Н. П. Методы акустического контроля металлов / В. Е. Белый, А. Х. Вовилкин и др. // под. ред. Н. П. Алешина. – М : Машиностроение, 1989. – 456 с.
2. Бигус, Г. А. Основы диагностики технических устройств и сооружений / Г. А. Бигус, Ю. Ф. Даниев, Н. А. Быстрова, Д. И. Галкин // Москва : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2015. – С. 445.
3. Васильев, А. А. Диагностика технического состояния зданий и сооружений. Методы обследования элементов и конструкций : учеб.-метод. пособие / А. А. Васильев // М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2015. – 70 с.
4. Морозов, Е. М. Критерии безопасного разрушения элементов трубопроводных систем с трещинами / Е. М. Морозов // М : Наука, 2005. – 316 с.
5. Махутов, Н. А. Оценка прочности и ресурса элемента сферического резервуара при циклическом нагружении / Н. А. Махутов, М. Г. Скакунов, С. И. Чупилко, С. В. Черняков // Проблемы машиностроения и автоматизации. – 1991. – № 4. – С. 61–68.
6. Матвиенко, Ю. Г. Модели и критерии механики разрушения / Ю. Г. Матвиенко // М. : Физ-малит, 2006. – 328 с.
7. ПБ 03-593-03 Правила организации и проведения акустико-эмиссионного контроля сосудов, аппаратов, котлов и технологических трубопроводов. – СПб. : Деан, Издательство, 2004.

УДК 628.38

### **БРИКЕТИРОВАНИЕ ОСАДКА СТОЧНЫХ ВОД НА ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЯХ КАНАЛИЗАЦИИ**

*А. Н. Пехота, Р. Н. Вострова, Е. А. Пехота*

УО «БелГУТ», Гомель, Республика Беларусь, 1555522@mail.ru

#### **Аннотация**

Представлены результаты исследований свойств брикетированного твердого топлива на основе осадков сточных вод с добавлением измельченных древесных отходов. Описано применение комплексного решения эффективного использования образующихся осадков сточных вод городских очистных сооружений в качестве вторичных возобновляемых энергоресурсов. Рассмотрены вопросы формирования многокомпонентных составов, обеспечивающих при сжигании брикетированного твердого топлива в слоевых топках приемлемый экологический уровень выбросов загрязняющих веществ.

**Ключевые слова:** твердое топливо, многокомпонентные составы, осадок сточных вод, экология, горючие ВЭР, брикетирование.

# BRIQUETTING OF SEWAGE SLUDGE AT SEWAGE TREATMENT PLANTS

*A. N. Pekhota, P. N. Vostrova, E. A. Pekhota*

## **Abstract**

The results of studies of the properties of briquetted solid fuel based on sewage sludge with the addition of crushed wood waste are presented. The application of a comprehensive solution for the effective use of the generated sewage sludge from urban wastewater treatment plants as secondary renewable energy resources is described. The issues of the formation of multicomponent compositions that ensure an acceptable environmental level of pollutant emissions during the combustion of briquetted solid fuel in layered furnaces are considered.

**Keywords:** solid fuels, multicomponent compositions, sewage sludge, ecology, combustible VER, briquetting.

**Введение.** Проводимые в настоящее время за рубежом научные исследования направлены на разработку и совершенствование различных способов обработки и использования осадков сточных вод коммунальных очистных сооружений. В связи с этим решение вопроса экономически целесообразного и экологически безопасного размещения осадков сточных вод (ОСВ) в окружающей среде является актуальной задачей для предприятий водоканализационного хозяйства (ВКХ) и мирового сообщества.

Одним из видов утилизации является термическое сжигание, что обеспечивает получение тепловой энергии и сокращение объемов образования осадков сточных вод коммунальных очистных сооружений. Применение технологии многокомпонентного брикетирования позволяет использовать осадок сточных вод в качестве компонента, обеспечивающего связующие свойства в смеси с древесно-растительными отходами. Эффект от использования осадков при изготовлении брикетированного топлива заключается в улучшении экологического состояния примыкающих к городской черте территорий и состоит в экономии денежных средств на строительство новых иловых карт и вывоз осадков на полигон твердых бытовых отходов, в сокращении расходов на обеспечение тепловой энергией собственных потребностей коммунальных очистных сооружений, в получении дополнительной прибыли от реализации топливных брикетов сторонним промышленным предприятиям и населению [1].

**Материалы и методы.** Коллективом ученых «Белорусского государственного университета транспорта» и «Белорусского национального технического университета», а также совместно с КПУП «Гомельводоканал» проведены научные и практические исследования, позволившие изготовить опытно-промышленную партию многокомпонентного твердого топлива (англ. multicomponent solid fuel MSF). По результатам проведенных лабораторных исследований, выполненных в аккредитованных лабораториях «Научно-исследовательского института физико-химических проблем» БГУ и топливной лаборатории Речицкой мини-ТЭЦ филиала «Речицкие электрические сети» РУП «Гомельэнерго», определены теплотехнические и физических свойства

брикетов, а также выявлен интервал изменений химического состава в пределах варьирования соотношением ОСВ и древесных отходов [2].

Для производства опытно-промышленной партии твердого многокомпонентного топлива, использовалось разработанное и внедренное брикетировочное оборудование марки «ПМТ-1» и «УПНДО-0,35» на предприятии ОДО «ТеплоБел», г. Речица обеспечивающее производство твердого топлива с использованием шнекового формования смеси при определенных параметрах влажности обеспечивающих получение качественного формуемого каркаса топлива.

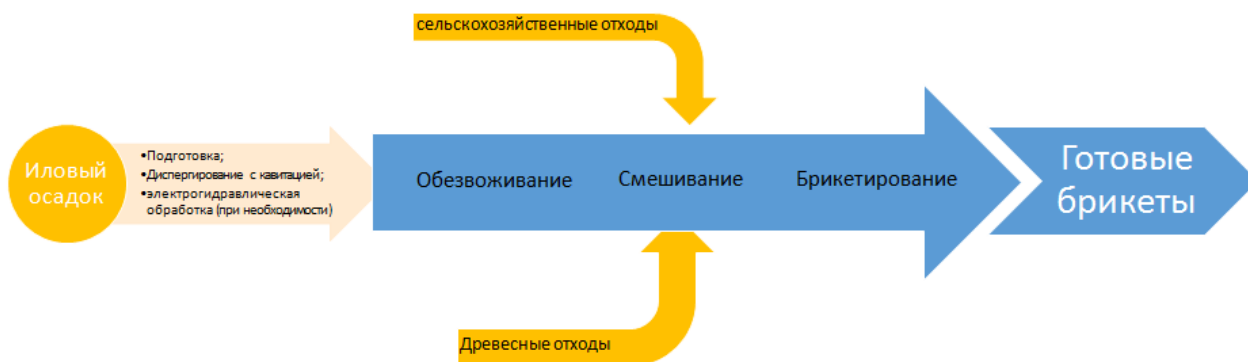
При разработке многокомпонентных составов топлива с использованием ОСВ были учтены основные требования и рекомендации, изложенные в технических условиях ТУ ВУ 490319372.001–2005 «Многокомпонентное твердое топливо», СТБ 2055-2010 «Брикеты древесные топливные. Общие технические условия», а также иных документов в области стандартизации относительно твердотопливных энергоресурсов, включая минеральные виды топлива. [3] На основании полученных результатов исследований, а также ранее разработанных и запатентованных составов топлива разработаны новые технические условия ТУ ВУ 490319372.002–2021 «Топлива твердые многокомпонентные котельно-печные», учитывающие структурные принципы комплексного подбора составов в смеси при получении многокомпонентного топлива. По результатам проведенных экспериментов, математического моделирования с использованием информационных технологий и применения нейросетей, определено оптимальное соотношение компонентов в *MSF*-топливе, которое обеспечивает полное сжигание используемых в нем горючих компонентов с выделением заданных теплотехнических характеристик и нормированного содержания вредных веществ в выбросах, при этом топливо удовлетворяет требованиям транспортировки и хранения, обеспечивая продолжительное сохранение качественных характеристик горючей массы и свойств. [3, 6, 7].

Вместе с тем, учитывая не изученность применения ОСВ в многокомпонентных составах в качестве топлива, дополнительно проведены исследования с применением: атомно-абсорбционного спектрометра марки «МГА – 915М», по методике МВИ. МН 33-69-2010; методов дифференциально-термического анализа (ИТМО им. А.В.Лыкова» НАН Беларуси); ИК-спектрометрии («ИММПС им.В.А. Белого» НАН Беларуси) [8-10].

**Результаты и обсуждения.** Учитывая полученные научные результаты исследований, проведенный анализ и математическую обработку с определением зависимостей с учетом данных физико-химического состава различных видов твердого топлива включая многокомпонентное топливо и выбросов вредных веществ показал, что пределы варьирования зависят от содержания в составе топлива ОСВ. Причем для обеспечения эффективного сжигания *MSF*-топлива, их долевое соотношение должно быть в пределах 32,8-48,6 %. При этом обеспечение нормированных параметров выбросов вредных веществ при сжигании многокомпонентного топлива обеспечивается в основном за счет повышенного применения в составе относительно чистых отходов, которыми являются, например, отходы деревообработки, лесопиления и переработки древесины, не

находящие по разным причинам технологического применения (механические примеси, повышенная влажность, разный морфологический состав, биохимические процессы повлекшие изменения и т.п.), отходы сельскохозяйственного производства и переработки продукции.

В основе научных исследований лежит изменение подходов и совершенствование технологических схем процессов производства твердого топлива методом брикетирования. Реализуемая схема разработанного процесса брикетирования в упрощенном виде состоит из следующих операций, представленных на рисунке 1.



**Рисунок 1** – Последовательность операций получения брикетированного *MSF*-топлива

Полученные данные исследований с применением разработанной установки, обеспечивающей электрогидравлическую обработку отходов в соответствии с общеизвестным «эффектом Юткина» [4], позволили в процессе подготовки многокомпонентных смесей достигать гомогенизации с выделением природных связующих компонентов без химического и термического воздействия. Так, при обработке отходов импульсным искровым разрядом с применением метода электрогидравлической обработки можно снижать содержание нежелательных химических веществ в виде тяжелых металлов находящихся, как правило, в избыточном состоянии ОСВ городских очистных сооружениях, что обеспечивает экологичность получаемого топлива на стадии сжигания и образования золы. Это достигается за счет формирования определенной частоты и силы разряда, что вместе с тем дополнительно формирует во влажной смеси, консистенцию из мелкодисперсных частиц образующих коллоидно-дисперсные связующие растворы, пригодные для влажного брикетирования [5-8].

**Заключение.** Разработанная технология многокомпонентного брикетирования твердого топлива (*MSF*-топливо) позволяет сокращать экономические потери от неиспользования горючих отходов производственной и коммунальной жизнедеятельности человека, не нашедших технологического применения в других технологиях. Получения *MSF*-топлива с оптимальным составом, включающим полидисперсные твердые коммунальные отходы, позволяют обеспечить решение актуальной проблемы утилизации отходов.

Использование математического моделирования позволяет рассчитать оптимальное с энергетической и экологической точек зрения соотношение

компонентного состава топлива. Особенностью реализации такой технологической разработки является оптимальный подбор компонентов для брикетирования твердого топлива, с учетом особенностей энергоустановок, но и возможности достижения оптимальной производительности брикетирования при наибольшей плотности топливных брикетов. Результаты численного моделирования по определению оптимального состава брикетированного двух- и трехкомпонентного топлива подтверждаются данными дифференциально-термических и термогравиметрических методов анализа.

#### Список цитированных источников

1. Пехота, А. Н. Использование вторичных ресурсов в энергетическом балансе – дополнительный резерв энергосбережения и обеспечения стабильной сырьевой топливной базы / А. Н. Пехота // Вестник Брестского государственного университета. Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – 2011. – № 2. – С. 53–55.
2. Исследование многокомпонентного брикетированного топлива на основе осадков сточных вод городских очистных сооружений г. Гомеля и исследование теплотехнических свойств брикетов: отчет по НИР/ Белорус. гос. ун-т трансп.; научный рук. А. Н. Пехота. – Гомель, 2020. – 99 с.
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.
4. Юткин, Л. А. Электрогидравлический эффект и его применение в промышленности / Л. А. Юткин. – Л. : Машиностроение., 1986. – 253 с.
5. Бугаенко, Л. Т. Химия высоких энергий / Л. Т. Бугаенко, М. Г. Кузьмин, Л. С. Полак // М. : Химия, 1988. – 364 с.
6. Хрусталеv, Б. М. Твердое топливо на основе отходов малоиспользуемых горючих энергоресурсов / Б. М. Хрусталеv, А. Н. Пехота, НгаТхуНгуен, ФапМиньVu // Наука и техника : междунар. науч.-практ. журнал. – 2021. – № 1. – С. 58–65.
7. Пехота, А. Н. Технология производства многокомпонентного твердого топлива с использованием отходов сточных вод / А. Н. Пехота, Б. Н. Хрусталеv, МиньФапVu, В. Н. Романюк, Е. А. Пехота, Р. Н. Вострова, ТхуНгаНгуен // Энергетика. Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ. – 2021. – Т. 64, № 6. – С. 525–537.
8. Пехота, А. Н. Определение эффективности параметров брикетирования и сушки многокомпонентных составов твердого топлива / А. Н. Пехота, Б. М. Хрусталеv // Энергетическая Стратегия : науч.-практ. журнал. – 2022. – № 2. – С. 34–38.
9. Пехота, А. Н. Исследование термоаналитическими методами энергетических свойств брикетированного многокомпонентного топлива / А. Н. Пехота, С. А. Филатов // Энергетика. Изв. высш. учеб. заведений и энерг. Объединений СНГ. – 2022. – Т. 65, № 2. – С. 143–155.
10. Пехота, А. Н. Исследование энергетических характеристик многокомпонентного твердого топлива с использованием горючих малоиспользуемых

УДК 332.1(476.5):631.1(476)

## **ВЛИЯНИЕ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ФОРМИРОВАНИЕ КУЛЬТУРНЫХ ЛАНДШАФТОВ РЕГИОНА**

*И. В. Пилецкий*

Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины, Витебск, Беларусь, Ivan--V@List.ru

### **Аннотация**

В представленной статье рассмотрено влияние современной хозяйственной деятельности в культурных ландшафтах сельских территорий на развитие эрозионных процессов конкретного региона. Выделяются и описываются характерные особенности возникновения и развития эрозии при решении вопросов увеличения контурности земель, их мелиорации, застройки городских территорий и др. На основе проведенного исследования автором выделено пять типов культурных ландшафтов, по результатам комплексной оценки формирующих факторов и процессов предложена наиболее рациональная структура земельного фонда Белорусского Поозерья.

**Ключевые слова:** эрозия, водосборы, овраги, землеустройство, сельские территории, хозяйственная деятельность.

### **IMPACT OF ECONOMIC ACTIVITIES ON FORMATION OF CULTURAL LANDSCAPE OF THE REGION**

*I. V. Piletsky*

### **Abstract**

In the presented article, the influence of modern economic activity in cultural landscapes of rural territories on the development of erosion processes in a particular region is considered. The characteristic features of the emergence and development of erosion are identified and described when solving the problems of increasing the contour of lands, their melioration, building up urban areas, etc. On the basis of the study carried out by the author, five types of cultural landscapes are singled out, the most rational structure of the land fund The Byelorussian Poozerye.

**Key words:** erosion, catchments, ravines, land management, rural areas, economic activities.

**Введение.** Хозяйственная деятельность является важнейшим фактором, во многом определяющим социально-экологическое состояние культурных ландшафтов сельских территорий [1–4, 13, 15]. Общеизвестно, что антропогенное воздействие на литогенную основу приводит к наиболее значительным изменениям в природной среде. В природных комплексах при таком воздействии возникают иные процессы, меняется ход развития, происходит их заметная трансформация [11, 14]. В этой связи учёт особенностей хозяйственной деятельности весьма важен при планировании