

доступных технических методов в Беларуси снизилось водопотребление на душу населения и в период 2021–2022 гг. находилось на уровне 137–138 м<sup>3</sup>. Сокращению объемов использования воды на производственные нужды способствовало внедрение приборного учета вод. В настоящее время приборным учетом по добыче вод охвачено 100% объектов промышленности и 96% сельскохозяйственных организаций [4]. В последние годы более широко водопользователи стали применять воды в системах оборотного и повторного водоснабжения, что также позволяет, в целом по Республике, достигать большей экономии воды от общего объема ее использования.

#### **Библиографический список**

1. Водный кодекс Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – URL: <https://etalonline.by/document/?regnum=hk1400149> (дата обращения: 05.03.2024).
2. Государственный водный кадастр. Водные ресурсы, их использование и качество вод (за 2021 год). Минск, 2022. 149 с.
3. Охрана окружающей среды в Республике Беларусь. Статистический буклет / Отв. ред. И. В. Медведева. Минск, 2023. 36 с.
4. Охрана окружающей среды в Республике Беларусь. Статистический сборник / Отв. ред. И. В. Медведева. Минск, 2021. 203 с.

## **ПОИСК НОВЫХ НАПРАВЛЕНИЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТХОДОВ – ОДНА ИЗ ВАЖНЕЙШИХ ЗАДАЧ СОВРЕМЕННОСТИ**

*Л. А. Шибека, П. А. Малиновская*

*Белорусский государственный технологический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь,  
Shibekal@mail.ru*

В статье рассмотрены трудности, возникающие в процессе поиска новых направлений использования отходов производства и потребления. Указаны основные особенности, на которые необходимо обращать внимание при оценке возможности применения отходов в качестве вторичных материальных ресурсов. Для одного из отходов производства комбикорма (пыли зерновой) показана возможность его применения в качестве сорбционного материала.

Ключевые слова: отход, обращение с отходами, использование, зерновая пыль, сорбент, очистка сточных вод.

Современный этап развития цивилизации на планете Земля поставил перед мировым сообществом вопрос о будущем существовании человечества. Это обусловлено повсеместным усилением негативного воздействия на все компоненты окружающей среды: атмосферный воздух, водные и земельные ресурсы, климат. Поиск путей выхода из сложившегося экологического кризиса требует усилий со стороны специалистов различных областей знаний. Для решения данной проблемы предлагаются различные направления, включая совершенствование технологических процессов для уменьшения поступ-

ления загрязняющих веществ в атмосферный воздух, водные объекты и почву; установку систем очистки пылегазовых выбросов и сточных вод, снижение эмиссии парниковых газов и др. [1]. Одним из возможных направлений, позволяющих уменьшить поступление загрязняющих веществ в объекты окружающей среды, является использование отходов в качестве вторичных материальных ресурсов [2].

Статистические данные свидетельствуют о том, что в 2022 г. в Республике Беларусь образовалось 40,1 млн т. отходов производства и 3,99 млн т. твердых коммунальных отходов. Уровень использования отходов производства составил 18,69 млн т. [3], твердых коммунальных отходов – 32% [4]. Несмотря на увеличение степени вовлечения отходов производства и потребления в хозяйственный оборот, поиск новых направлений применения данных материалов является актуальной задачей, стоящей перед обществом.

Поиск новых направлений применения определенного вида отхода невозможен без анализа его физико-химических, токсикологических и иных свойств с учетом агрегатного состояния, количества образования и других факторов. Для оценки возможных направлений использования рассматриваемого отхода необходимо проводить комплексные исследования, направленные на выявление всех указанных характеристик отхода. Это, в свою очередь, требует проведения длительных и дорогостоящих экспериментальных исследований. Зная химический и гранулометрический состав, класс опасности, физико-химические константы, влажность, зольность, кислотность и другие характеристики отхода, можно определить перспективные направления его переработки. Большую помощь в поиске возможных направлений переработки оказывает анализ опубликованных литературных данных и патентных разработок в отношении близких (к рассматриваемому отходу) по составу и свойствам материалов. В последующем требуется проведение комплекса исследований, подтверждающих или опровергающих возможность применения рассматриваемого отхода в конкретной области хозяйственной деятельности человека. Указанные трудности делают поиск новых сфер применения отходов производства и потребления сложной задачей, требующей значительных материальных и временных затрат.

Цель работы заключалась в рассмотрении возможности использования отхода производства (на примере зерновой пыли, образующейся при изготовлении комбикорма) в качестве сорбционного материала в процессах очистки сточных вод.

Известно, что в процессе производства комбикормов в качестве основного сырья выступает зерно различных сельскохозяйственных культур. При подготовке, хранении и подработке зерна на промышленных объектах по производству комбикорма происходит образование отходов. Данные отходы в соответствии с классификатором отходов, образующихся в Республике Беларусь [5], относятся к блоку 1 «Отходы растительного и животного происхождения», разделу 1 «Отходы пищевых и вкусовых продуктов», группе 1 «Отходы производства пищевых продуктов». Основные виды отходов комби-

кормового производства представлены на рисунке 1. Из рисунка видно, что основное количество отходов производства комбикормов образуется при хранении и подработке зерна. Данные отходы относятся к неопасным.

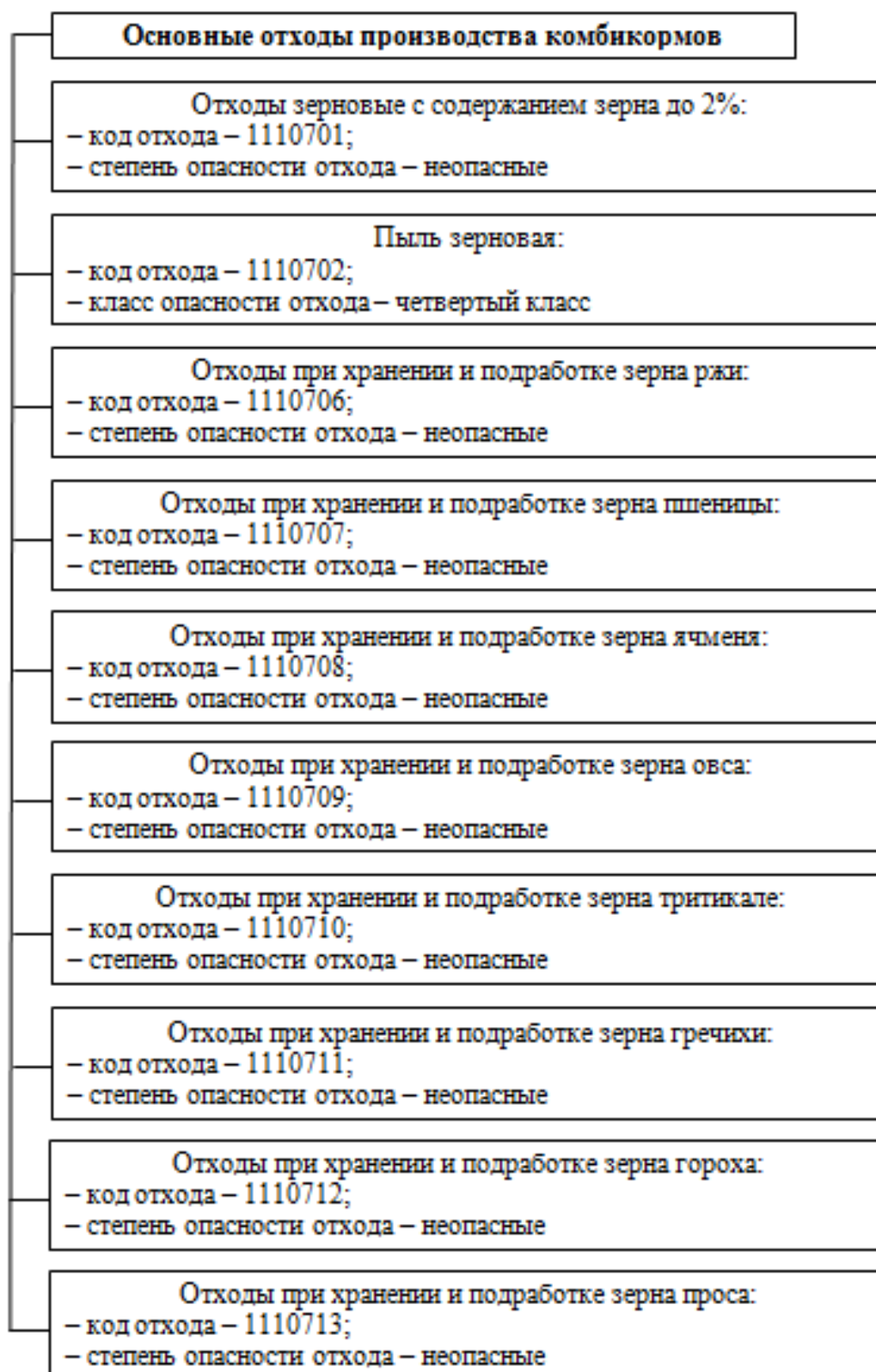


Рис. 1. Основные отходы производства комбикормов

Отдельными видами представлены отходы зерновые с содержанием зерна до 2% и пыль зерновая. Отходы зерновые с содержанием зерна до 2% относятся к категории неопасных. Пыль зерновая имеет четвертый класс опасности.

Первичный анализ литературных данных свидетельствует о том, что отходы производства комбикорма характеризуются низкой степенью токсичности, что расширяет область их применения, как вторичных материальных ресурсов.

Все указанные отходы, образующиеся при производстве комбикорма, содержат в своем составе пищевые волокна, которые представлены целлюлозо- и пектиносодержащими компонентами [6].

Известно [7–9], что многие целлюлозосодержащие отходы могут использоваться для производства сорбционных материалов. Полученные из отходов сорбенты могут применяться для очистки сточных вод от различных загрязняющих веществ: нефтепродуктов, ионов тяжелых металлов и др.

В работе проведены результаты исследований по определению потенциальной возможности использования отходов, образующихся при производстве комбикормов, для получения сорбционных материалов. В качестве объекта исследований использовали пыль зерновую. Оценивали дисперсный состав данного отхода, поскольку этот показатель является важной характеристикой любого сорбционного материала.

Для определения дисперсного состава пыли зерновой использовали набор сит в соответствии с требованиями ГОСТ Р ИСО 5223-99 [10] и ГОСТ 30483-97 [11].

В качестве объекта исследований выступала пыль зерновая, образующаяся в процессе подготовки сырья к последующей переработке на одном из промышленных объектов по изготовлению комбикормов и уловленная газоочистной установкой, установленной для очистки отходящих пылегазовых выбросов.

Результаты определения массовой доли отдельных фракций (%) в зависимости от размера частиц пыли зерновой ( $d$ , мкм) представлены на рисунке 2.

Результаты исследования свидетельствуют о том, что пыль зерновую в зависимости от размера частиц ( $d$ , мкм) условно можно разделить на четыре фракции:  $d < 0,25$  мкм,  $0,5 < d \leq 0,25$  мкм,  $3,0 < d \leq 0,5$  мкм,  $d \geq 3,0$  мкм. Причем содержание первых трех фракций, указанных выше, составляет около одной трети от общего содержания частиц. Минимальное количество (10,55%) приходится на фракцию с мак-

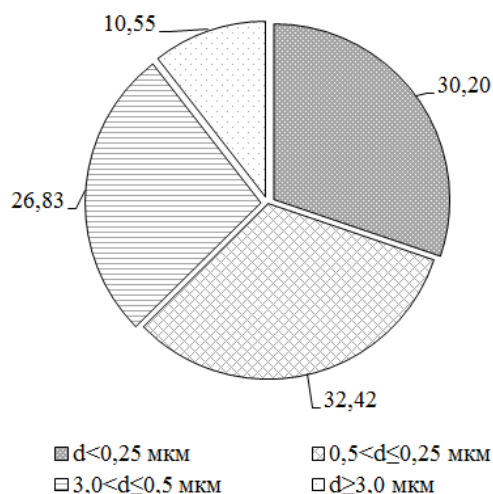


Рис. 2. Массовая доля фракций пыли зерновой

симальным размером частиц – 3,0 мкм и более. На долю фракции с размером частиц  $3,0 < d \leq 0,5$  мкм приходится 26,83%.

В составе зерновой пыли преобладает фракция с размером частиц  $0,5 < d \leq 0,25$  мкм (на ее долю приходится 32,42%). Содержание мелкодисперсных частиц с размером менее 0,25 мкм является также высокой – 30,20%.

Установлено, что пыль зерновая представлена, главным образом, мелкодисперсными частицами – до 0,5 мкм. В совокупности на эти частицы приходится 62,62% от общей массы образца. Учитывая, данный факт можно предположить, что пыль зерновая может рассматриваться в качестве потенциального сорбционного материала, не требующего дополнительного размола. Из литературных источников известно, что удельная поверхность мелкодисперсного материала, чаще всего, является более высокой по сравнению с удельной поверхностью крупных частиц. Следовательно, пыль зерновая, как мелкодисперсный материал, обладает определенным достоинством по сравнению с другими отходами.

Для использования пыли зерновой в качестве сорбента необходимо проведение дополнительных исследований, подтверждающих наличие сорбционных свойств у рассматриваемого отхода. Кроме этого, острым является вопрос о дальнейшем обезвреживании отработанного сорбента. Для решения данных проблем требуются дополнительные исследования, которые будут выполнены в дальнейшем.

#### **Библиографический список**

1. Кантор Г. Я., Сырчина Н. В. Альтернативная оценка вклада метана в парниковый эффект. DOI: 10.25750/1995-4301-2023-3-197-207 // Теоретическая и прикладная экология. 2023. № 3. С. 197–207.

2. Производство биоорганических удобрений как направление реализации безотходных технологий в свиноводстве / А. В. Сазанов, Ю. Н. Терентьев, Н. В. Сырчина и др. DOI: 10.25750/1995-4301-2017-3-085-097 // Теоретическая и прикладная экология. 2017. № 3. С. 85–90.

3. Состояние природной среды Беларуси : экологический бюллетень / Е. И. Громадская, Д. В. Цубленок, М. В. Водейко и др. Минск, 2023. 151 с.

4. Министерство жилищно-коммунального хозяйства Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.mjkh.gov.by/novosti/eroven-ispolzovaniya-otkhodov-v-belarusi-32> (дата обращения: 07.03.2024).

5. Об утверждении, введении в действие общегосударственного классификатора Республики Беларусь: постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, 9 сент. 2019 г., № 3-Т с изм. и доп. от 20 февр. 2024 г. [Электронный ресурс]. – URL: <https://pravo.by/document/?guid=12551-&p0=W21934631p> (дата доступа: 07.03.2024).

6. Анализ химического состава и пищевой ценности зернового сырья для производства продуктов детского питания / С. А. Урубков, С. С. Хованская, Н. В. Дремина, С. О. Смирнов // Пищевая промышленность. 2018. № 8. С. 16–21.

7. Сорбционные свойства и природа взаимодействия целлюлозосодержащих полимеров с ионами металлов / Т. Е. Никифорова, Н. А. Багровская, В. А. Козлов, С. А. Лилин // Химия растительного сырья. 2009. № 1. С. 5–14.

8. Никифорова Т. Е., Козлов В. А., Модина Е. А. Сольватационно-координационный механизм сорбции ионов тяжелых металлов целлюлозосодержащим сорбентом из водных сред // Химия растительного сырья. 2010. № 4. С. 23–30.

9. Шайхиев И. Г. Использование компонентов деревьев рода *Quercus* в качестве сорбционных материалов для удаления поллютантов из воды. Обзор литературы // Вестник Казанского технологического университета. 2017. № 5. С. 151–160.

10. ГОСТ Р ИСО 5223-99. Сита лабораторные для анализа зерновых культур. Технические требования : действ. с 17.12.1999. М., 1999. URL: <https://meganorm.ru/Data/87/8740.pdf> (дата обращения: 07.03.2024).

11. ГОСТ 30483-97. Зерно. Методы определения общего и фракционного содержания сорной и зерновой примесей; содержания мелких зерен и крупности; содержания зерен пшеницы, поврежденных клопом-черепашкой; содержания металломагнитной примеси : действ. с 01.07.1998. Минск, 2009. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data/276/27696.pdf> (дата обращения: 07.03.2024).

## ПОИСК АЛЬТЕРНАТИВНЫХ СЫРЬЕВЫХ РЕСУРСОВ

*Ван Гочжэн, Е. Н. Казимирская, А. В. Лихачева*  
*Белорусский государственный технологический университет,*  
*г. Минск, Республика Беларусь,*  
*alikhachova@mail.ru*

В Республике Беларусь образуется большое количество отходов, содержащих металлы, которые можно рассматривать в качестве альтернативных сырьевых ресурсов. Захоронение таких отходов приводит к безвозвратным потерям полезных компонентов, рассеиванию в окружающей среде соединений металлов. В статье описаны результаты использования отходов для получения магнитных сорбентов.

Ключевые слова: отходы производства, альтернативный сырьевой ресурс, магнитный сорбент, переработка, очистка сточных вод.

Природно-ресурсный потенциал территории характеризует особенности географического расположения страны, влияет на все стороны ее развития: экономические, экологические, социальные. По этому показателю Республика Беларусь относится к странам, которые находятся в зависимости от импорта минерального сырья.

На данный момент, в стране отсутствуют месторождения руд, пригодные для промышленного освоения. В связи с этим, много внимания уделяется сбору и повторному использованию металлосодержащих отходов производства. Хорошо налаженная система обращения с ломом черных и цветных металлов позволяет значительно улучшать эффективность ресурсного цикла, а использование ресурсосберегающих технологий в обрабатывающей промышленности обеспечивает ее функционирование без наращивания объемов добычи полезных ископаемых. Однако, учитывая то, что руды относятся к невозобновляемым природным запасам нашей планеты, их нерациональное ис-