

Следует отметить, что согласно данным Государственного учреждения «Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды» преобладающим направлением ветра в районе г. Солигорска является западное направление (22,5 %), которое вместе с юго-западным и северо-западным составляет более 47 %, а скорость передвижения воздушных масс в данном регионе составляет более 61 км/ч, что обуславливает интенсивный перенос частиц и пыли галитовых отходов (солей натрия и калия), складированных на поверхности земли, на лесные экосистемы Старобинского лесхоза и других прилегающих лесных массивов (Любаньский лесхоз).

Следует заключить, что для установления масштабов возможных последствий влияния накопившихся промышленных отходов и выбросов ОАО «Беларуськалий» на экологическое состояние лесных экосистем и насаждений Старобинского лесхоза и прилегающих лесных массивов, сельскохозяйственных почв Солигорского района необходимо проведение детальных научных исследований по оценке изменения физико-химических свойств почв района, а также динамики земельного и лесного фонда с момента разработки запасов сильвинитовых руд Старобинского месторождения и по настоящее время.

#### Список использованных источников

1. Экологический бюллетень за 2015 год. Глава 11. Отходы // Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – 2017. – Режим доступа: <http://www.minpriroda.gov.by/uploads/files/glava-11-otxody.docx>. – Дата доступа: 28.11.2018.
2. Локальный мониторинг окружающей среды за 2006-2016 гг. Национальная система мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь. – <http://www.nsmos.by/content/176.html>.
3. Проект организации и развития лесного хозяйства ГЛХУ «Старобинский лесхоз» на 2011–2021 гг. – Минск, 2011. – 340 с.
4. Мониторинг лесов за 2006 – 2016 гг. Национальная система мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь. – <http://www.nsmos.by/content/176.html>.
5. Мониторинг земель за 2017. Национальная система мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь. – <http://www.nsmos.by/content/176.html>.

УДК 662.6

Е. О. Щербина, Ю.В. Фурса, Р.В. Михалевич, И.П. Наркевич  
Республиканское научно-исследовательское унитарное предприятие  
«Белорусский научно-исследовательский центр «Экология»

### ПРОИЗВОДСТВО И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ RDF-ТОПЛИВА В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

В Республике Беларусь проблема обращения с отходами столь же актуальна, как и во всем мире. Отходы превращаются в проблему, представляющую угрозу для экологической безопасности и здоровья человека. На данный момент в практике Республики Беларусь основные методологические положения системы управления охраной окружающей среды и рациональным природопользованием, а также обращение с отходами, разработаны в недостаточной степени, а практическая сторона этого вопроса, еще далека от совершенства.

Оценка мировой практики управления отходами, методологических подходов и законодательной базы позволила выявить пробелы в данных вопросах.

Существует законодательная база, которая регулирует правила обращения с твердыми коммунальными отходами (ТКО) в Республике Беларусь. Но она не охватывает новые, актуальные вопросы, касающиеся переработки отходов в альтернативное топливо (АТ).

Вопросы производства RDF-топлива в Республике Беларусь закреплены в Концепции создания мощностей по производству альтернативного топлива из твердых коммунальных

отходов и его использования (утверждена Советом Министров Республики Беларусь от 22 августа 2016 г. №664). Концепция направлена на определение условий и направлений использования твердых коммунальных отходов в качестве альтернативного RDF-топлива с последующим использованием на цементных заводах.

Для целей настоящей работы используются определения альтернативное топливо и RDF-топливо, которые являются равнозначными.

**Международная практика использования RDF-топлива.** С начала 1970-х годов различные типы отходов успешно использовались как альтернативные виды топлива в цементных печах в Европе, Японии, США, Канаде и Австралии. Использование альтернативного топлива может снизить воздействие отходов на окружающую среду, безопасно утилизировать опасные отходы, уменьшить выбросы парниковых газов, снизить затраты на обработку отходов и сэкономить ресурсы для цементной промышленности и котельных.

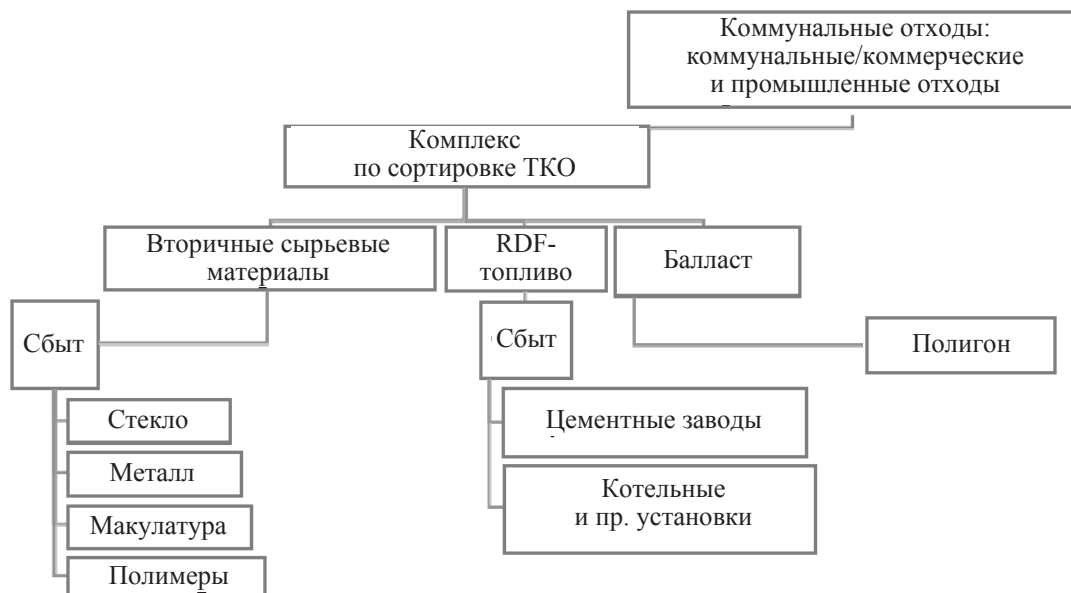
Альтернативное топливо или RDF (refusederivedfuel) топливо – это топливо, полученное из отходов. В состав RDF-топлива входят высококалорийные компоненты отходов, такие как пластик, бумага, картон, текстиль, резина, кожа, дерево и пр. RDF-топливо можно использовать в качестве основного или дополнительного топлива в печах цементных заводов, ТЭЦ, металлургических печах.

RDF-топливо – это вид отхода, включенный в состав Европейского каталога отходов под номером 19 12 10, получаемый в результате механической и биологической обработки [1]. RDF-топливо получают путем дробления и сушки твердых отходов коммунального, промышленного или коммерческого происхождения [2]. Термин RDF-топливо применяется к материалам, которые имеют высокую калорийную ценность и которые отсортированы из общего объема отходов.

«Совместное использование» – это использование топлива, полученного из отходов, для замены природных минеральных ресурсов (утилизация отходов) и / или такие традиционные топливно-энергетические полезные ископаемые как уголь, жидкое топливо и природный газ (получение энергии) в промышленных процессах. «Совместное использование» применяется во всем мире в основном в цементной промышленности и теплоэлектростанциях; иногда также используется в сталелитейной и известковой промышленности. На электростанциях, на которых осуществляется только получение электроэнергии, этот процесс называется совместное сжигание [3]. В Европейской цементной индустрии процент замещения традиционных видов топлива на АТ достигает до 80% на некоторых объектах, в то время как средний процент замещения по Европе составляет 39% [4]. Тем не менее, доля использования ТКО в процессе «совместного использования» низкая по сравнению с такими видами отходов как использованные автопокрышки, опасные промышленные отходы, отходы биомассы и осадки очистных сооружений. С помощью различных процессов подготовительной обработки отходы трансформируются в RDF-топливо, в некоторых зарубежных источниках также можно встретить термины AFR (альтернативное топливо и сырьевой материал) или SRF (solidrecoveryfuel). Ниже на рисунке 1 представлена схема механико-биологической обработки по подготовке RDF-топлива из отходов.

Использование альтернативного топлива должно следовать иерархии отходов, быть интегрировано в программы управления отходами, поддерживать стратегии повышения эффективности использования ресурсов и не препятствовать усилиям по сокращению объемов отходов. Следуя определенным основным правилам, гарантируется, что использование альтернативного топлива не оказывает отрицательного воздействия на выбросы загрязняющих веществ от котельных и цементных печей. Совместная обработка не должна наносить ущерб качеству производимого цемента.

Ожидается, что правила по раздельному сбору и рециркуляции, связанные с древесными, бумажными, пластмассовыми и биоразлагаемыми отходами, уменьшат количество отходов, потенциально доступных для процессов «от отходов к энергии», таких как сжигание и совместное использование [5].



**Рисунок 1 – Схема механико-биологической обработки по подготовке RDF-топлива из отходов**

На рисунке 2 представлена иерархия по обращению с отходами (от наиболее к менее приоритетным способам обращения с отходами).



**Рисунок 2 – Иерархия по обращению с отходами**

Производство RDF-топлива из ТКО наиболее активно используется в государствах-членах ЕС с высоким уровнем разделения и переработки ТКО (Австрия, Германия, Нидерланды являются наилучшими примерами), поскольку деятельность по переработке генерирует невозстановляемые высококалорийные остатки, подходящие для производства RDF-топлива. По оценкам экспертов общее количество АТ, производимого из ТКО в Европейском союзе, составляет около 3 миллионов тонн в год. Возможности производства RDF-топлива из ТКО растут в Австрии, Бельгии, Финляндии, Италии и Нидерландах, где строятся новые мусоросортировочные заводы.

Существует некоторое ограничение в областях применения RDF-топлива из ТКО в Европе. В отчете Европейской комиссии сообщается, что RDF-топливо сжигается в мусоросжигательных установках с псевдоожиженным слоем в Великобритании для производства энергии, в многотопливных ТЭЦ и котлах на целлюлозно-бумажных предприятиях в Финляндии и в нескольких цементных печах в Австрии, Бельгии, Дании, Италии и Нидерландах. Не всегда возможно обеспечить должное качество и стандарты безопасности для RDF-топлива. По оценкам экспертов ЕС общее количество RDF-топлива, которое соответствует заданным

параметрам, составляет около 70% от произведенного. Ожидается, что количество сжигаемого RDF-топлива в будущем будет увеличиваться в основном в Бельгии, Италии и Великобритании. Существуют также планы использования RDF-топлива из ТКО в других процессах без сгорания, таких как газификация и пиролиз.

**Оценка и подбор ТКО, подходящих по своим свойствам для производства альтернативного топлива в Республике Беларусь**

Основным источником информации о количественных и качественных показателях системы обращения с ТКО в Республике Беларусь служит отчет о санитарной очистке населенных пунктов (по данным Министерства жилищно-коммунального хозяйства).

По экспертным оценкам, в последние годы в составе коммунальных отходов заметно увеличилась доля полимерных материалов и отходов от упаковок, а также отходов стекла. Определение морфологического состава отходов является трудоемким и должно проводиться в республике примерно 1 раз в пять лет.

**Таблица 1 – Морфологический состав отходов в Республике Беларусь (на примере Оршанского района, 2018 г.)**

Наименование группы отходов	Объем, %
Стекло	10,48
Бумага	13,89
Металлы	4,0
Текстиль и древесина	12,87
Кожа, резина	1,71
Полимеры	28,59
Органические отходы	28,46

Согласно таблице 1, большая часть образовавшихся отходов представлена полимерами (порядка 28,59%), при этом по массе полимеры составляют только 5,3%, что обусловлено малой плотностью и большим объемом.

В таблице 2 представлен состав и наименование отходов, подходящих по своим физико-химическим свойствам для использования в качестве альтернативного топлива в соответствии с классификатором отходов, образующихся в Республике Беларусь.

**Таблица 2 – Отходы, которые непригодны для производства RDF-топлива**

Наименование отходов	Код отходов	Класс опасности
Поливинилхлоридные пластики и пленки	5710818	не определен
АБС поливинилхлорид	5711601	3 класс
Отходы, содержащие ПВХ	5711602-5711659	3 класс, 4 класс, не определен
Фторопласт и другие отходы, которые его содержат	5712600-5712609	3-й класс, не определен

Для производства топлива не могут быть использованы и должны быть извлечены из сырья виды отходов, представленные в таблице 3.

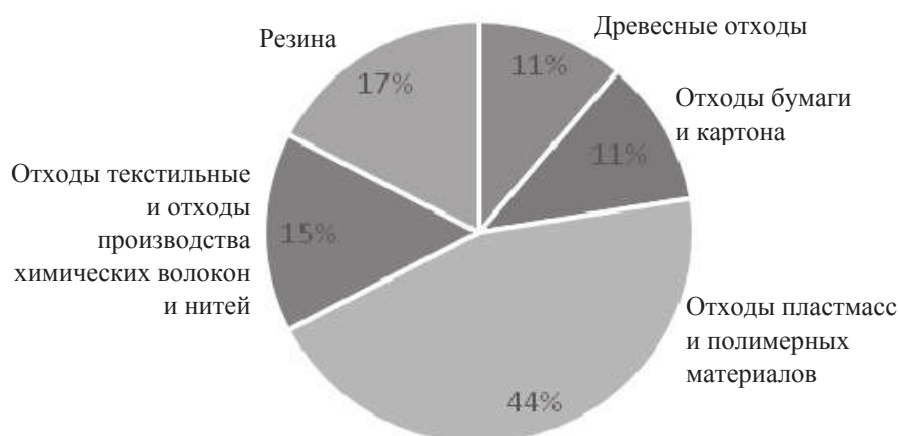
Также должны быть извлечены опасные отходы 1-го, 2-го классов, отходы с неустановленным классом опасности и такие опасные отходы, которые содержат в своем составе свинец, никель, кадмий, ртуть (например, аккумуляторы, батарейки, люминесцентные трубки, термометры).

Наибольшей теплотой сгорания обладают следующие виды отходов: пластмассы, полимерные пленки, кожа, резина, текстиль. После решения вопроса, связанного с высоким содержанием хлора в некоторых пленках и пластмассах, данный перечень отходов, представленный в таблице 2, предлагается использовать для производства альтернативного топлива. Причем, незначительно меняя количественное содержание именно указанных отходов, можно добиться необходимых для конкретного технологического процесса параметров горения.

**Таблица 3 – Состав и наименование отходов, подходящих по своим физико-химическим свойствам для использования в качестве альтернативного топлива**

Наименование группы отходов	Наименование отходов	Код отходов
Древесные отходы	кора	1710100
	опилки натуральной чистой древесины	1710200
	отщеп при окорке круглых лесоматериалов	1710300
	стружка натуральной чистой древесины	1710400
	кусковые отходы натуральной чистой древесины	1710700
	отходы щепы натуральной чистой	1710900
	сучья, ветви, вершины	1730200
	кора при лесозаготовке	1730400
Отходы бумаги и картона	отходы от переработки макулатуры	1840700
	отходы упаковочной бумаги незагрязненные	1870604
	отходы упаковочного картона незагрязненные	1870605
	отходы упаковочного гофрокартона незагрязненные	1870606
	прочие незагрязненные отходы бумаги	1870608
	прочие незагрязненные отходы картона	1870609
	прочие незагрязненные отходы гофрокартона	1870610
Отходы пластмасс и полимерных материалов	полистирол и пенопласт на его основе, сополимеры стирола	5710800
	полистирол	5710801
	пенопласт полистирола	5710803
	ПЭТ-бутылки	5711400
	полиэтилентерефталат (лавсан)-пленки	5711502
	пленка полиэтилентерефталатная (ПЭТФ) с металлическим слоем	5711505
	пластмассовая упаковка	5711800
	пластмассовая тара из-под парфюмерно-косметических средств	5711900
	полиэтилен	5712100
	полиэтилен, вышедшие из употребления пленочные изделия	5712110
Резина	отходы резинотканевые невулканизированные	5750163-5750175
	отходы подошвенной резины – в производстве обуви код	5750177
	отходы резины производства резиновой обуви	5750179
Отходы текстильные и отходы производства химических волокон и нитей	отходы текстильные	5810101-5810919
	отходы волокна химического, натурального или их смеси	5813901
	отходы раскроя и пошива трикотажных изделий	5813930
	текстиль (искусственный, синтетический, трикотаж, ватин, полотно) в производстве обуви	5830937

Оптимальным составом для производства RDF-топлива калорийностью около 4700 ккал/кг является следующий:



**Рисунок 3 – Состав RDF-топлива из ТКО**



### *Перечень предполагаемых объектов по производству и использованию RDF – топлива*

Потенциальными потребителями RDF-топлива являются цементные заводы – открытые акционерные общества «Белорусский цементный завод», «Кричевцементношифер», «Красносельскстройматериалы». Согласно Концепции создания мощностей по производству альтернативного топлива максимальная потребность в RDF-топливе после проведения полной технологической реконструкции цементных заводов с созданием как технологии подачи, так и проведением модернизации существующего теплотехнического оборудования составит в ОАО «Красносельскстройматериалы» 120 тыс. тонн RDF-топлива в год, ОАО «Кричевцементношифер» и ОАО «Белорусский цементный завод» – 210 тыс. тонн RDF-топлива в год.

На цементных заводах предполагается создание технологических линий по производству RDF-топлива из пре-RDF. В свою очередь строительство новых линий по производству альтернативного топлива на предприятиях, которые имеют в своем составе котлы с кипящим слоем, является нецелесообразным. Такие предприятия готовы покупать RDF-топливо с определенными физико-химическими свойствами, которые были экспериментально признаны пригодными для использования в котлах. Поэтому предлагается создать технологические линии по производству RDF-топлива из ТКО непосредственно на мусоросортировочных заводах.

На некоторых мусоросортировочных заводах в Республике Беларусь уже рассматривался вариант производства RDF-топлива. Так на КПУП «Гродненский завод по утилизации и механической сортировке отходов» сейчас извлекается примерно 20 процентов вторичных материальных ресурсов. Остальная часть поступает на захоронение. По оценкам специалистов завода еще 30 процентов отходов можно извлечь для получения RDF-топлива.

На Брестском мусороперерабатывающем заводе также планируют создать цех по производству RDF-топлива. В год по подсчетам специалистов, можно получать до 11 тыс. т. RDF-топлива, именно на это количество снизится нагрузка на полигон. Если сейчас в Бресте захоранивается 51 тыс. т ТКО или 53 % от общего объема отходов, то после внедрения автоматической линии сортировки эта цифра может снизиться до 46,5 тыс. т (48 %), а после запуска цеха по производству RDF-топлива — до 35 тыс. т (36 %).

Заниматься внедрением новой технологии мусороперерабатывающий завод будет в тесной связке с КУПП «Брестское котельное хозяйство». Строительство промышленных экспериментальных котлов с кипящим слоем для выработки тепловой энергии планируется на котельной «Катин Бор».

В РУП «Белнипиэнергопром» с 2003 г. в рамках государственной программы строительства энергоисточников на местных видах топлива осуществлялось проектирование энергетических объектов, использующих АТ. В проектах использовано оборудование белорусских, российских и европейских производителей.

Но всё же, так как основным топливом, которое будет подлежать замещению RDF-топливом, является каменный уголь, главными потребителями RDF-топлива являются, прежде всего, цементные заводы и металлургические печи. Оборудование таких предприятий позволяет сжигать топливо при высоких температурах, что снижает количество вредных веществ в выбросах. Однако необходимо учитывать то, что в процессе сжигания могут возникать различные технические трудности, от которых зависит качество процесса сжигания.

Использование RDF-топлива позволит частично заместить импортное топливо (каменный уголь), и, тем самым, снизить себестоимость производства цемента.

**Заключение.** Исследованиями, по данной тематике, установлено, что целесообразно и экономически оправдано использовать RDF-топливо в цементной промышленности, а также для котельных, в которых функционируют котлы с кипящим слоем.

Также, кроме снижения затрат на использование топливно-энергетических полезных ископаемых, использование RDF-топлива является экологически рациональным способом обращения с отходами и ведет к снижению выбросов парниковых газов, что вносит значительный вклад в выполнение обязательств Республики Беларусь по Парижскому соглашению

(Указ президента Республики Беларусь от 20 сентября 2016 г. № 345 «О принятии международного договора»).

Следует отметить, что результаты исследования будут использованы для подготовки национальных кадастров парниковых газов и Национальных сообщений Республики Беларусь по выполнению обязательств РКИК ООН и Парижскому соглашению.

#### Список использованных источников

1. Список отходов, упомянутый в статье 7 Директивы ЕС 2008/98/ЕС (List of waste referred to in article 7 of Directive 2008/98/EC).
2. Wilts H. Assessment of waste incineration capacity and waste shipment in Europe/ H. Wilts, p. 10.
3. Waste-to-Energy Options in Municipal Solid Waste Management, GIZ, A Guide for Decision Makers in Developing and Emerging Countries, May 2017, p. 26-30.
4. CEMBUREAU, “Activity Report 2015,” The European Cement Association, Brussel, 2015.
5. EUROPEAN COMMISSION Brussels, 26.1.2017 COM(2017) 34 final The role of waste-to-energy in the circular economy.

УДК 544.723

М.А. Кушнер, Т.С. Селиверстова, Е.А. Ерш, А.О. Улитёнок  
БГТУ, г. Минск

### ИССЛЕДОВАНИЕ АДСОРБЦИОННОЙ АКТИВНОСТИ ОТХОДОВ ОКОРКИ ДРЕВЕСИНЫ ОЛЬХИ

На долю черноольховых лесов в Беларуси приходится 8,6 % лесного фонда. Древесина ольхи черной издавна применялась и применяется в настоящее время для производства фанеры. В результате на предприятиях деревообрабатывающей промышленности скапливается кора ольхи в виде отходов, количество которых достигает 15% от перерабатываемой древесины.

Одним из путей утилизации отходов окорки древесины является использование их в качестве сырья для получения углеродных сорбентов различного назначения, основное направление использования которых связано с технологическими процессами очистки воды. В настоящее время с этой целью используют сорбенты на основе активированных углей, цеолитов и др., которые зачастую имеют высокую стоимость [1]. Вместе с тем отходы деревообрабатывающей промышленности (кора, стружки, опилки, и др.) представляют собой альтернативное сырье для получения сорбционных материалов. Очевидно, что промышленная переработка коры в сорбенты не только влечет за собой решение экологической проблемы, но и позволяет значительно удешевить конечный продукт. Однако, применение необработанной коры в качестве сорбента нецелесообразно, поскольку содержащиеся в ней экстрактивные вещества, могут привести дополнительный вклад в загрязнение очищаемой воды. По этой причине коруподвергают различным способам модификации.

В последние десятилетия проводятся исследования по разработке способов получения из древесной коры пористых углеродных материалов (нанопористых углеродных материалов, энтеросорбентов, нефтесобирателей)[1].

По своему химическому составу кора является уникальным возобновляемым сырьем для получения комплекса природных биологически активных веществ. В древесной коре, наряду с лигнином и полисахаридами, находятся флавоноиды, танины, красящие, пектиновые, смолистые и другие вещества. Важно отметить, что кору ольхи, благодаря наличию в ней биологически активных соединений, издавна применяли в народной медицине для лечения различных заболеваний.