

УДК 338.45

DOI: 10.21779/2500-1930-2024-39-4-29–38

М. А. Пинкальский<sup>1</sup>, Г. В. Федотова<sup>2</sup>

### Использование зарубежного опыта применения альтернативного топлива в цементной промышленности при построении экономики замкнутого цикла

<sup>1</sup> ООО «Цементум Центр»; Россия, 400005, г. Волгоград, просп. им. В. И. Ленина, 27; [taxpin@mail.ru](mailto:taxpin@mail.ru);

<sup>2</sup> Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» РАН; Россия, 119333, Москва, ул. Вавилова, 44, корп. 2; [g\\_evgeeva@mail.ru](mailto:g_evgeeva@mail.ru)

**Аннотация.** Экономика замкнутого цикла является одним из наиболее востребованных трендов современных экономических систем ввиду общей политики большинства государств по борьбе с изменением климата и достижению энергоперехода. В статье основное внимание уделяется такому аспекту циклической экономики, как рациональное использование ресурсов с рассмотрением ключевой проблемы обращения с отходами. Стандартная схема по сжиганию или захоронению твердых бытовых отходов больше не является актуальной, так как наносит значительный вред экологии и невыгодна ни для государства, ни для бизнеса. В связи с этим одним из решений является вторичное использование отходов, в т. ч. в качестве альтернативного топлива RDF в цементной промышленности. Такого рода практика является достаточно новой для Российской Федерации и требует изучения зарубежного опыта – как в рамках исторического метода, так и в рамках сопоставления и сравнения ситуации в России на данный момент и практики использования RDF в других регионах.

**Ключевые слова:** экономика замкнутого цикла, циклическая экономика, RDF-топливо, цементное производство, зеленая энергетика.

### Введение

В XXI веке изменение климата признано одной из наиболее серьезных угроз в современной истории. Такие международные институты, как ООН, а также правительства многих стран, уже на протяжении нескольких десятилетий проводят серьезную работу в направлении снижения объемов вредных выбросов в атмосферу и иного негативного воздействия на экологию планеты и здоровье людей. Наряду с прочими одной из наиболее востребованных и перспективных инициатив стало развитие экономических систем замкнутого цикла, где ресурсы не потребляются единожды, а вторично возвращаются в производственный и иной оборот. Это позволяет расходовать их более рационально и снижать негативное воздействие на планету и общество.

Отдельный интерес представляет использование твердых бытовых отходов в виде альтернативного RDF-топлива, которое в наибольшей степени подходит для производственных процессов цементных предприятий. Так как в Российской Федерации подобная практика является достаточно новой и слабо развитой, стоит задача изучения зарубежного опыта экономически развитых стран, где RDF-топливо применяется на предприятиях цементной отрасли еще с 70-х годов XX в. Выполнение этой задачи поможет эффективно применять альтернативное топливо в российской цементной отрасли. Цель – построение циклической экономики в целом.

### Методы и материалы

В ходе исследования был проанализирован зарубежный опыт цементных компаний в области применения RDF-топлива с целью его использования при построении экономики замкнутого цикла в Российской Федерации. В качестве методов исследования использовались методы анализа и синтеза, сравнительного анализа, экономической индукции и дедукции, исторический метод.

RDF рассматривается как альтернативное топливо, отвечающее повестке зеленой энергетики и устойчивого развития и выступающее в роли замены традиционных углеводородных видов топлива. Показано, что данное топливо успешно применяется в экономически развитых странах как минимум с 1970-х гг. XX века. Выделены основные современные тенденции производства и применения RDF, показаны выгоды для российской промышленности, в первую очередь для цементной отрасли. Отдельное внимание уделено повестке устойчивого развития и вторичному использованию ресурсов. При исследовании использованы, в частности, материалы следующего характера:

- относящиеся к истории развития идей экономики замкнутого цикла (Ярыгина Г. Н., Милль Дж. С., Веблен Т., Кардосо Дж. Л., Тяглов С. Г.);
- характеризующие повестку устойчивого развития и ESG (Поползина П., Марьин Е. В., Саттих Т., Хуанг С., Горбунова О. И., Каницкая Л. В., Клотье Е.);
- определяющие негативные последствия захоронения и сжигания отходов вместо их использования в качестве сырья при изготовлении альтернативного топлива (Шаповалов Д. А., Золин Р. Н., Скоробогатова У. Е., Тихин Г., Мо К., Онн К., Трейман М. Г., Игнатова Д. Ю.);
- характеризующие с различных сторон непосредственно RDF-топливо и историю его возникновения (Воронин В. М., Белоногов Ф. А., Кудашева И. С., Алтер Х., Гунади Г. И., Исман Т. Н., Алави Р.);
- показывающие выгоды применения данного топлива в промышленности (особенно в цементной отрасли), в том числе при построении циклической экономики (Валтисберг Дж., Роланд В., Ламзина И. В., Желтобрюхов В. Ф., Шайхiev И. Г., Озкан А., Банар М., Пластинина Ю. В., Березюк М. В., Дукмасова Н. В., Румянцева А. В., Теслюк Л. М., Попова И. М., Колмар О. И.).

### Результаты

Экономика замкнутого цикла является нелинейным вариантом развития экономических систем, при котором происходит рациональное использование ресурсов, причем приоритет отдается возобновляемому типу, а также активно развивается вторичная переработка, прилагаются усилия к минимизации ущерба, наносимого планете и людям. На развитие этой концепции в развитой форме было обращено внимание только во второй половине XX века [1], однако по факту идеи, которые легли в основу экономики замкнутого цикла, высказывались экономистами и гораздо раньше, в трудах некоторых ученых, например Дж. Милля [2], Т. Веблена [3] и др. Более того, некоторые исследователи прослеживают истоки циркулярности еще на этапе зарождения отношений, связанных с потреблением и производством [4].

Фактический же старт подобным инициативам был дан на стыке 1970–1980-х гг. [5]. Исследователи и представители бизнеса, а также государственных и межгосударственных институтов стали обращать внимание на необходимость перестройки текущей модели конечного потребления природных ресурсов. Во многом толчком для формирования подобных взглядов явился мировой нефтяной кризис 1970-х гг., показавший, насколько высокой может быть плата за нерациональное потребление ресурсов [6]. Позднее эко-

номика замкнутого цикла стала одним из трендов в бизнесе и науке за счет того, что мировая общественность в результате достаточно кардинальных изменений сместила фокус зрения с традиционной на зеленую энергетику. В это же время стали формироваться и несколько позднее набирать популярность идеи устойчивого развития – ESG [7], что создавало общую повестку, в которую оптимально укладывалась концепция циклической экономики. И хотя в тот период еще не были оформлены законодательные решения и межправительственные соглашения, по отдельным направлениям работа велась уже достаточно активно [8].

Одной из наиболее обсуждаемых тем стало обращение с отходами, в первую очередь с такой их разновидностью, как твердые бытовые (ТБО). Растущая численность населения Земли, разрастание производственной базы и иные связанные факторы с течением времени все более значительно увеличивали объем производимого домашними хозяйствами и предприятиями мусора. Далее отходы вывозились на полигоны и в дальнейшем либо утилизировались путем захоронения, либо сжигались. Оба эти варианта содержат в себе явные недостатки. При захоронении отходов невозможно оградить природу полностью от вредного воздействия – часть продуктов разложения попадает в грунтовые воды [9], а также подобные действия ведут ко всё более широкому использованию земельных ресурсов. В свою очередь сжигание отходов на полигонах также не решает проблему, так как требует тщательной сортировки и в итоге выделяется определенное количество вредных для атмосферы и местного населения веществ. Важны и масштабы проблемы: глобальный уровень образования ТБО уже в 2018 г. превысил 2 млрд *т* в год. При этом более 90 % таких отходов образованы из органического состава, и около трети их утилизируется ненадлежащим образом [10].

Осознавая серьезность негативных тенденций, часть исследователей и представителей бизнеса, равно как и государственных структур, стала предпринимать усилия по разрешению сложившейся ситуации. Одним из проектов является использование отходов в виде сырья для производства альтернативного топлива. В случае ТБО речь идет в первую очередь о так называемом RDF-топливе с высокой теплотой сгорания (англ. refuse-derived fuel – топливо, полученное из отходов) [11]. Хотя начало его масштабного применения относится по большей части к последней трети XX века, ограниченное использование RDF упоминается и со времен конца XIX века [12]. Подход, известный на Западе как «Waste to Energy» [13], стал альтернативой более привычному подходу по использованию вторичного сырья при создании продукции различного рода.

Так, Германия и Швейцария используют отходы в качестве топлива с 1970-х гг., в первую очередь в цементной промышленности. В 2018 г. альтернативное топливо такого рода покрывало более двух третей спроса в Германии и лишь немногим менее в Швейцарии [14]. Богатый опыт данных и иных развитых стран в Европе и Северной Америке в области производства, потребления RDF и сопутствующих вопросов (законодательное регулирование, нормативы, контроль очистки выбросов и т. д.) представляет несомненный интерес для российского бизнеса и государственных структур. При этом именно цементная отрасль характеризуется оптимальными условиями для применения топлива, получаемого из ТБО. Это связано с тем, что печи, работающие на таких предприятиях, максимально приспособлены для сжигания RDF. В частности, причинами являются уровень содержания кислорода, окислительная атмосфера газа, температура пламени, время пребывания в зоне реакции и, наконец, итоговое превращение остатков топлива в часть компонентов в клинкере [15]. Если при этом учесть доступность данного ресурса, простоту изготовления и обычно низкую стоимость, то RDF

становится крайне привлекательным вариантом для производителей цемента, хотя его применимость, разумеется, не ограничена одной лишь отраслью.

Здесь, помимо способствования решению проблемы с бытовыми отходами, важен именно тот факт, что RDF позволяет заменить часть традиционного топлива на заводах, которое включает в себя каменный уголь, кокс, природный газ и т. д. При этом некоторые производители цемента в мире стремятся довести показатель замены традиционного топлива на RDF до 100 %, что уже достаточно давно частью исследователей признается лучшим сценарием [16].

В итоге два ключевых фактора сделали альтернативное топливо из отходов максимально привлекательным для промышленности и в особенности для предприятий, производящих цементную продукцию: неоспоримые преимущества использования для такого рода компаний и перманентно острый характер проблемы утилизации или уничтожения бытового, промышленного и иного мусора. Помимо земельных ресурсов, создание дополнительных мусорных полигонов и заводов требует выделения значительных земельных площадей, возведения инфраструктуры капитального строительства, затрат энергии и т. д., не говоря уже о высокой степени потенциального вреда для окружающей среды [17]. Также создание подобных объектов встречает значительное сопротивление со стороны общества, вызванное как объективными (потенциальный ущерб), так и субъективными (личное отношение, общественное мнение) факторами. В связи с этим производство альтернативного топлива из сортируемого мусора позволяет решать часть экономических, социальных и инфраструктурных проблем, а также дает коммерческим структурам доступ к дешевому источнику энергии и дополнительно соответствует принципам расширенной ответственности производителя (РОП) [18]. Наконец, вопрос стоит не только о вторичном использовании ресурсов, но и о вкладе цементной индустрии в общий объем мировых выбросов вредных веществ, требующем особого контроля и повышения энергоэффективности. Так, отрасль является источником 7 % мирового потребления энергии в промышленности и вторым по объемам источником выбросов CO<sub>2</sub> [19].

Неудивительно, что именно цементная отрасль стала основным драйвером развития рынка RDF-топлива. Помимо Германии, производство и потребление данного альтернативного ресурса активно внедрялось в других странах Европы и Северной Америки, а спустя определенное время общий тренд получил развитие и в других регионах мира. При этом важно отметить, что международные цементные компании одновременно и имеют свои собственные стандарты в области экологии, энергоэффективности, топлива и пр., и адаптируют свои практики под конкретные условия локальных рынков. Таким образом, происходит подстройка под местную специфику рынка и экономическую ситуацию, вырабатываются наилучшие практики в области использования альтернативного топлива, вносится значительный вклад в построение циклической экономики.

Российская Федерация поддерживает общий мировой тренд борьбы с изменением климата, предполагающий стратегию энергоперехода, развития возобновляемой энергетики и пр. Это следует из тех законодательных инициатив, которые были приняты за последние годы. Помимо общих направлений, связанных с энергопереходом, стоит упомянуть Федеральный проект «Экономика замкнутого цикла» со значительными объемами финансирования, который во многом направлен на инфраструктурные проекты в области обращения со вторичными ресурсами. Изначально при его разработке важным стал посыл о том, что по крайней мере 30 % ресурсов должны найти применение в промышленной сфере. Более того, знаковым стало принятие адресной отраслевой



программы Минпромторга «Применение альтернативного топлива из отходов в промышленном производстве на 2022–2030 годы». Именно цементная отрасль в данном случае (и в меньшей степени металлургическая) оказалась в фокусе как ключевой потенциальный потребитель RDF-топлива.

Необходимо также отметить, что Российская Федерация обладает значительными природными запасами энергоносителей, что будет поддерживать энергетический суверенитет страны в XXI веке. Но это не означает отсутствие проблем с накоплением отходов и ухудшением экологической ситуации. Кроме того, наличие проблем с газификацией отдаленных регионов и горных населенных пунктов, высокая стоимость коммерческого потребления энергоресурсов требуют поиска новых технологических решений для промышленности. Поэтому иностранный опыт переработки ТБО и применение полученного топлива в производстве цемента представляется интересным направлением развития отечественных технологий.

С нашей точки зрения, Россия обладает большим опытом промышленного производства строительных материалов, который в годы перестройки был несколько утрачен. Но с 2014 года идет кардинальный пересмотр внутренней социально-экономической политики: ведется интенсивная подготовка специалистов инженерного и технологического профиля для отечественных производств, выделяется финансирование на НИОКР и достижения технологического лидерства. Некоторые единичные проекты циклического производства уже работают в стране, но их потенциала недостаточно для решения накопившихся задач с утилизацией отходов потребления и производства.

Вместе с тем, несмотря на тот факт, что некоторые производители цементной продукции в России (такие как «Цементум», «ЦЕМРОС», «Мордовцемент») уже на протяжении достаточно длительного времени используют в своих производственных процессах альтернативное топливо, нельзя не отметить, что объемы его потребления в масштабах страны совершенно недостаточны, а темпы внедрения остаются на низком уровне. Одновременно с этим и мощности по производству RDF-топлива являются недостаточными для качественного изменения ситуации. Они сосредоточены в основном в следующих регионах: Калужской, Ленинградской и Московской областях, что обусловлено наличием в данных субъектах РФ крупных операторов по обращению с отходами, производителей соответствующего оборудования и в первую очередь основных потребителей данной продукции. Ситуация подтверждается и данными аналитиков компании РБК, согласно исследованию которых производство топлива данного типа является значимым лишь в Центральном и Северо-Западном федеральных округах. Вместе с тем в последние два-три года был дан старт достаточно большому количеству новых проектов в данной области, многие из которых администрируются, а также частично или полностью финансируются «Российским экологическим оператором».

Вышеизложенное обуславливает необходимость изучения зарубежного опыта представителями как государственных институтов, так и бизнеса. Экономика замкнутого цикла является одним из приоритетных направлений развития России, несмотря на непростую геополитическую и экономическую обстановку на фоне постоянно возрастающего санкционного давления и увеличивающихся затрат на оборонные нужды, так как высшим руководством страны регулярно озвучиваются ориентиры, подтверждающие это. Здесь неразвитость таких рынков, как рынок альтернативного топлива, не является непреодолимым барьером. Примером может служить Китай, уже вышедший на второе в Азии место по объему «зеленых» кредитов и дополнительно занявший вторую строчку в мировом рейтинге выпуска «зеленых» облигаций [20].

Рассмотрим некоторые наиболее заметные тенденции последних лет, связанные с использованием RDF-топлива в деятельности цементных компаний в зарубежных странах, которые могут дать полезную базу для изучения и применения в Российской Федерации. Важным уточнением является следующее: подобные проекты не являются ни чисто коммерческими, ни социальными, комбинируя в себе и экономическую целесообразность, и ESG-повестку. Последняя, разумеется, связана как с улучшением организационной и управленческой структуры компаний, так и с социальной ответственностью бизнеса, особенно на фоне постоянно оказываемого на предпринимателей давления ввиду перманентной озабоченности общества сложившейся экологической обстановкой [21] и соответствующих действий правительств большинства стран. Таким образом, в строительстве экономической системы замкнутого цикла в данном случае заинтересованы все стороны, от государства и общества до предпринимательского сообщества.

Анализ современных тенденций использования RDF-топлива цементными компаниями производился главным образом путем анализа новостей и тематических публикаций международных отраслевых сетевых журналов CemNet.com и Global CemFuels, являющихся наиболее репрезентативными в данном случае.

1. Первая тенденция следует из самой сущности применения RDF-топлива в цементной промышленности, выгодной для всех сторон, и состоит она в возрастании количества и мощности объектов, использующих данный вид ресурса в качестве частичной замены традиционных энергоресурсов. Такая замена дает снижение себестоимости производимой продукции, позволяет уменьшить зависимость от волатильности мировых цен на углеводороды, сделать более привлекательной для потребителей, контрагентов и государства повестку устойчивого развития компаний, тем самым повышая лояльность и в том числе рассчитывая на определенные преференции или субсидии со стороны властных органов. Так, можно привести в пример активность компании Holcim España, которая осуществила инвестирование в сумме 4 млн евро в модернизацию собственного объекта Carboneras. Планируется переработка объема в 50 тыс. *m* ТБО ежегодно, что даст замещение традиционного топлива альтернативным до высокого показателя в 70 %. В свою очередь, структуры Holcim Mexico по результатам 2023 г. уже должны были освоить сырьё из отходов в объеме более 1 млн *m* после их переработки сервисным оператором Geosycle Mexico, что значительно превышает объем в 600 тыс. *m* (уровень 2022 г.). Другим примером является W&P Zement в Австрии (группа Alpacem), который уже фиксирует достижение 90 % замещения традиционного топлива топливом из отходов. В Азии Siam Cement Group, оперирующая на рынках Вьетнама, Индонезии, Таиланда и других стран региона, также активно продвигает использование альтернативного топлива из отходов и биомассы. Уже к 2022 году группа ставила перед собой цель снижения потребления угля на своих производственных мощностях вполнину. Рассмотренные и многие другие примеры четко отражают тенденцию роста производства и потребления RDF-топлива в мире.

2. К следующей наблюдаемой тенденции стоит отнести наращивание цементным бизнесом собственного производства RDF-топлива. С этой целью часть игроков рынка приобретает готовые мощности, а часть запускает проекты с нулевой стадии. Производство альтернативного топлива при этом преследует две основные цели: обеспечение высокого уровня качества за счет наличия внутреннего контроля всех стадий производства и достижение устойчивости поставок и достаточности запасов. В рамках подобных инициатив приведем в пример завод по сортировке бытовых отходов в г. Мехико, принадлежащий дочернему предприятию CEMEX, который производит 300 *m*

RDF-продукции ежедневно, поставляя топливо на заводы компании, а совокупно с двумя другими объектами производительность в регионе достигает до 1100 *t* в день. На Ближнем Востоке знаковым стал шаг Kuwait Cement Co совместно с правительством Кувейта по созданию завода, который будет выпускать готовое RDF-топливо для производственных мощностей компании. Подобные шаги предпринимает в регионе и Oman Cement. Это показательный вид инициатив, при котором наблюдается вход новых игроков на рынок производства RDF, и в то же время производимая ими продукция поставляется именно на собственные объекты. Цементные компании не желают доверять сортировку и производство RDF сторонним компаниям, выигрывая в краткосрочном периоде в повышении качества топлива, а в средне- и долгосрочном – в снижении издержек на производство такого топлива.

3. Цементные компании также снижают свои риски, заключая долгосрочные контракты с производителями RDF или поставщиками предварительно отсортированных отходов для выпуска данного вида продукции. Так, в Австралии производитель цемента Adbri заключил контракт с компанией Veolia ANZ на поставку более 1 млн *t* RDF-топлива, а в Мексике компании Regenera и PASA не просто подписали семилетний контракт, но и открывают совместный завод по переработке отходов. В дополнение, стараясь найти перспективные каналы для поставки сырья, цементные предприятия заключают соглашения и с компаниями из других сфер. Примером может служить завод Aggregate Industries в Великобритании, который договорился об использовании отходов керамической плитки одного из лидеров местного рынка Johnson Tiles (до 3 млн *t* в год). Таким образом, цементные компании получают не только уверенность в бесперебойности поставок, но и возможность диверсифицировать их

4. Альтернативное топливо, широко применяемое в цементной отрасли, с каждым годом становится все более активным элементом международных поставок (как экспорта, так и импорта), что дополнительно подтверждает экономическую целесообразность использования RDF-топлива, даже закупленного за рубежом. Так, экспорт топлива вида RDF из Великобритании за 2021 г. составил 1,6 млн *t*. В свою очередь норвежская Geminor в конце 2023 г. открыла уже третий объект, создающий RDF-топливо из импортируемого сырья, в Финляндии, где отмечается его значительная нехватка. В Европе также Дания планирует запастись альтернативное топливо на случай сокращения его производства или поставок из-за рубежа. Соответственно можно сделать вывод о том, что RDF-топливо является настолько привлекательным и востребованным на мировом рынке, что его потребители готовы в том числе платить некоторую надбавку за доставку его из других стран.

5. Важным трендом рынка также является постоянное техническое совершенствование технологий производства и использования RDF-топлива. Можно отметить такие примеры, как печи декарбонизаторного типа, байпасную промывку для них, технологию HOTDISC с подачей непосредственно в стояк печи и т. д. Предприятия цементной отрасли активно модернизируют свои производственные мощности. Так, все более распространенной становится практика выработки электроэнергии для цементных заводов (иногда с применением дополнительных технологий, например с рекуперацией отработанного тепла), в том числе с использованием RDF-топлива. Среди других событий стоит упомянуть внедрение Lafarge Cement Hungary Ltd на своем производстве флеш-сушилок для RDF, позволяющих повышать характеристики данного вида топлива, а также модернизацию системы транспортировки и хранения альтернативного топлива Märker Zement GmbH в Германии и полную замену своих печей испанской Cementos Molins с одновременным наращиванием потребления RDF. Все это говорит о

том, что цементные компании с целью снижения себестоимости своей продукции инвестируют значительные средства в модернизацию тех мощностей, которые непосредственно связаны в том числе с использованием RDF.

6. Наконец, производители цемента стараются привлечь внимание потребителей, контрагентов и общественности в целом к своим инициативам в области ESG, в том числе в сфере использования альтернативного топлива. Можно наблюдать общие установки и ориентиры, например, Siam Cement Group взяла на себя обязательство потратить более 2 млрд долларов США, чтобы к 2030 г. сократить выбросы CO<sub>2</sub> на 20 %, AdBri подтверждает планы по достижению углеродной нейтральности к 2050 г. и т. д. Используются и более точечные и нестандартные решения, такие как активность компании Votorantim, осуществляющей в Бразилии прямые выплаты местным домохозяйствам, сдающим косточки культуры асаи и кокосы бабассу, которые используются при производстве альтернативного топлива. Такие действия компаний направлены в первую очередь на поддержание и улучшение своего репутации, так как ESG-повестка в мире постоянно набирает обороты.

### Заключение

На основе анализа длительного опыта применения альтернативного топлива типа RDF в экономически развитых странах и современных тенденций, связанных с данным топливом в различных регионах мира, можно сделать общий вывод о том, что рынок RDF-топлива является крайне важным и перспективным для цементных компаний, и они готовы предпринимать значительные усилия и осуществлять крупные инвестиции, чтобы наращивать и модернизировать производство и потребление данного вида топлива. В то же время рассматриваемый источник энергии является достаточно дешевым в производстве, удобным в транспортировке и обращении, выгодным в рамках «зеленой» повестки. Все это в совокупности со снижением нагрузки на мусорные полигоны и мусоросжигательные заводы делает RDF-топливо важным элементом развития экономики замкнутого цикла.

Российское государство как глобальный игрок, являющийся пятым эмитентом парниковых газов в мире, в рамках энергоперехода и реформы обращения с отходами должно быть максимально заинтересовано в ответственном развитии таких отраслей, как цементная промышленность. Особенно показательна роль цементной отрасли в разрезе циклической экономики и устойчивого развития с учетом того, что в плане таксономии «зеленых» проектов в промышленности таковыми были признаны связанные с цементом, сталью и алюминием [22]. Вместе с тем в Российской Федерации и бизнес, и властные структуры уделяют недостаточное внимание вопросам RDF-топлива, что является сдерживающим фактором в совершенствовании экономической системы страны.

Опыт зарубежных производителей и потребителей данного альтернативного топлива при этом может стать базисом для качественного развития отечественных технологий производства топлива из отходов и рынка RDF.

### Литература

1. Ярыгина, Г. Н. Основные этапы становления и развития аспектов циркулярной экономики / Г. Н. Ярыгина // Вестник УГНТУ. Наука, образование, экономика. Серия: Экономика. 2022. № 4 (42). – С. 29–36.
2. Милль, Дж. С. Принципы политической экономии: с некоторыми их применениями к социальной философии / Дж. С. Милль / Дж. С. Милль // Собрание сочинений Джона Стюарта Милля. – Торонто: Университет Торонто Пресс, 1965. Т. 2, 3. Кн. 4, 6. – С. 753–754.



3. Веблен, Т. Теория праздного класса / Т. Веблен; ред. В. В. Мотылев; пер. С. Г. Сорокина. – М.: Прогресс, 1984. – 367 с.
4. Cardoso, J. L. The circular economy: historical grounds // In Changing Societies: Legacies and Challenges. Vol. III. The Diverse Worlds of Sustainability, eds. A. Delicado, N. Domingos and L. de Sousa. – Lisbon: Imprensa de Ciências Sociais, 2018. – Pp. 115–127.
5. Тяглов, С. Г. Митин, Н. С. Теоретико-исторический аспект технологий безотходного производства и перспективы их развития / С. Г. Тяглов, Н. С. Митин // Финансовые исследования. 2022. № 3 (76). – С. 60–68.
6. Макаров, И. А., Чупилкин, М. С. «Энергетический Перл-Харбор». Нефтяной кризис 1973 года / И. А. Макаров, М. С. Чупилкин // Россия в глобальной политике. 2021. Т. 19, № 1 (107). – С. 38–53.
7. Поползина, П. Понятие и содержание концепции устойчивого развития / П. Поползина // Мировое и национальное хозяйство (World and National Economy). 2019. № 1 (47). – С. 2–11.
8. Марьин, Е. В. Организационно-экономические основы Киотского протокола / Е. В. Марьин // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2021. № 2–3 (53). – С. 25–27.
9. Шаповалов, Д. А., Золин, Р. Н., Скоробогатова, У. Е. Моделирование и оценка загрязнения грунтовых и поверхностных вод фильтратом полигона твердых бытовых отходов / Д. А. Шаповалов, Р. Н. Золин, У. Е. Скоробогатова // International agricultural journal. 2021. № 2. – С. 8–19.
10. Tihin, G., Mo, K., Onn, C. et al. Overview of municipal solid wastes-derived refuse-derived fuels for cement co-processing // Alexandria Engineering Journal. 2023. Vol. 84. – Pp. 153–174.
11. Воронин, В. М., Белоногов, Ф. А., Кудашева, И. С. Исследование возможностей получения и использования RDF-топлива / В. М. Воронин, Ф. А. Белоногов, И. С. Кудашева // Экономический вектор. 2021. № 4 (27). – С. 77–80.
12. Alter, H. The history of refuse-derived fuels // Resources and Conservation. 1987. Vol. 15–4. – Pp. 251–275.
13. Gunadi, G. I., Isman, T. N., Alawi, R. et al. Study of the Potential of Refuse Derived Fuel (RDF) at the Cipayung Final Disposal Site (TPA) to Meet Industrial Quality Standards and Environmentally Friendly // Jurnal Inotera. 2023. Vol. 8–1. – Pp. 73–81.
14. Waltisberg, J., Roland, W. Disposal of waste-based fuels and raw materials in cement plants in Germany and Switzerland – What can be learned for global co-incineration practice and policy? // Emerging Contaminants. 2020. Vol. 6. – Pp. 93–102.
15. Ламзина, И. В., Желтобрюхов, В. Ф., Шайхиев, И. Г. Зарубежная практика использования альтернативного топлива из отходов для цементной промышленности / И. В. Ламзина, В. Ф. Желтобрюхов, И. Г. Шайхиев // Вестник Казанского университета. 2015. Т. 18, № 17. – С. 85–88.
16. Özkan, A., Banar, M. Refuse Derived Fuel (RDF) Utilization in Cement Industry by Using Analytic Network Process (ANP) // Chemical Engineering Transactions. 2010. Vol. 21. – Pp. 769–774.
17. Трейман, М. Г., Игнатова, Д. Ю. Анализ эколого-экономической ситуации на рынке по обращению с отходами в Российской Федерации / М. Г. Трейман, Д. Ю. Игнатова // Научный журнал НИУ ИТМО. Сер. Экономика и экологический менеджмент. 2022. № 3. – С. 33–41.
18. Пластинина Ю. В., Березюк М. В., Дукмасова Н. В., Румянцева А. В., Теслюк Л. М. Совершенствование организационно-экономического механизма расширенной ответственности производителя в РФ // Международный научно-исследовательский журнал. 2020. № 9 (99), ч. 1. – С. 192–196.

19. Sattich, T., Huang, S. Grey or green? Cement and sustainability in Germany, Poland, and Norway // *Baltic Rim Economies*. 2022. Iss. 5 – Pp. 22–23.
20. Горбунова, О. И., Каницкая, Л. В. О реализации ESG-практик в России, странах Запада и Азиатско-Тихоокеанского региона в новых реалиях / О. И. Горбунова, Л. В. Каницкая // *Известия Байкальского государственного университета*. 2023. Т. 33, № 1. – С. 109–120.
21. Cloutier, E. The New Norm: ESG as a Material Risk and Opportunity for Real Estate // *Real Estate Issues*. 2020. № 44–16. – Pp. 1–7.
22. Попова, И. М., Колмар, О. И. Низкоуглеродное развитие России: вызовы и возможности в новых условиях / И. М. Попова, О. И. Колмар // *Вестник международных организаций*. 2023. Т. 18, № 4. – С. 1–31.

*Поступила в редакцию 29 июля 2024 г.*

*Принята 24 августа 2024 г.*

UDC 338.45

DOI: 10.21779/2500-1930-2024-39-4-29–38

### **Foreign Experience in the Use of Alternative Fuels in the Cement Industry in the Process of Forming a Closed-Loop Economy**

*M. A. Pinkalsky<sup>1</sup>, G. V. Fedotova<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> LLC "Cementum Centre"; Russia, 400005, Volgograd, Lenin av., 27; maxpin@mail.ru;

<sup>2</sup> Federal Research Center "Informatics and Management" RAS; Russia, 119333, Moscow, Vavilov st., 44, building 2; g\_evgeeva@mail.ru

**Abstract.** The circular economy is one of the most popular trends in modern economic systems due to the general policy of most states aimed at combatting climate change and achieving energy transition. The article focuses on the rational use of resources, with consideration of the key problem of waste management. The standard scheme for burning or burying solid household waste does not seem to be relevant, since it is characterized by significant harm to the environment and is not beneficial for either the state or business. In this regard, one of the solutions is initiatives aimed at recycling waste, including using it as an alternative fuel (RDF) in the cement industry. This kind of practice is quite new for the Russian Federation and requires the study of a foreign experience both within the framework of the historical method, and within the framework of comparison of the current situation in Russia and the practice of using RDF in other regions.

**Keywords:** circular economy, open economy, RDF, cement production, green energy.

*Received 29 July, 2024*

*Accepted 24 August, 2024*