

ОБРАЩЕНИЕ С ЗОЛОШЛАКАМИ**3.5. Направления применения золошлаков энергетических углей****3.5.1. Производство строительных материалов****3.5.1.2. Использование золы уноса при производстве пористых строительных материалов нового поколения**

В.В. Барахтенко, Е.В. Зелинская, Е.О. Костюкова, ИрГТУ, Иркутск, Россия
Т.А. Меркульева, М.Н. Самусева, ЗАО «Иркутскзолопродукт», Иркутск, Россия
Ф.А. Шутов, F&D Innovative Composites Inc., Лос-Анджелес, США

АННОТАЦИЯ

Представлены результаты работ по разработке промышленной технологии производства нового поколения строительных материалов – пористой искусственной древесины, изготовленной на основе отходов. В качестве сырья используется зола уноса ТЭЦ и отходы производства полимеров. Внедрение данной технологии позволит снизить экологическую нагрузку на территории региона от воздействия крупнотоннажных отходов и получить новый вид строительных материалов, не имеющих аналогов в Российской Федерации.

1. АКТУАЛЬНОСТЬ И ОСНОВНЫЕ ПРЕИМУЩЕСТВА ПРОИЗВОДСТВА ПОРИСТОЙ ИСКУССТВЕННОЙ ДРЕВЕСИНЫ

В настоящее время в Российской Федерации накоплено огромное количество промышленных отходов, загрязняющих окружающую среду и занимающих значительные площади.

Существует определенная группа отходов производства и потребления, которые создают типовые экологические проблемы в каждом регионе России. К числу таких отходов следует отнести полимерные материалы, отходы теплоэнергетики (золошлаковые материалы), макулатуру, изношенные шины и некоторые другие отходы [1]. Наибольший объем отходов накоплен в топливной промышленности. Как показали проверки, в рамках государственного экологического контроля, 92 % санкционированных объектов размещения отходов эксплуатируются с нарушениями и не отвечают санитарным нормам и правилам, что ведет к деградации почвы, вторичному загрязнению подземных и поверхностных вод [2]. Утилизация "золы уноса" — отходов работы теплоцентралей — весьма важная проблема. Попадая в отвал, зола становится бесполезной. Но, снятая с фильтров, она может применяться при производстве ячеистого бетона, а также железобетонных и керамзитобетонных изделий.

Байкальская природная территория нуждается в хорошо организованном и грамотном управлении твердыми бытовыми и промышленными отходами. Для этого необходимо наличие развитой сети предприятий, перерабатывающих отходы, реализующих современные технологии и производящих из отходов востребованную продукцию.

В Иркутской области работу по утилизации золошлаковых материалов (ЗШМ) осуществляет созданное для этой цели дочернее акционерное общество ОАО «Ир-

кутскэнерго» - ЗАО «Иркутскзолопродукт», основным направлением деятельности которого является:

- закупка ЗШМ у ТЭЦ и котельных, контроль их потребительского качества и поставка потребителю, научно-техническое сопровождение использования ЗШМ;
- переработка или использование ЗШМ для изготовления конечной продукции.

При этом развитие индустрии производства новых материалов должно быть основано на принципах рациональности, экономической эффективности и экологических приоритетах [3]. Возможность использования знаний о химической природе образуемых в промышленно-сти отходов для создания материалов позволяет получать новое поколение различных композиционных смесей, обладающих уникальными потребительскими свойствами. Это имеет особое значение для производства новых строительных материалов, потребность в которых весьма значительна.

Сотрудниками Иркутского государственного технического университета под руководством Ф.А. Шутова (президента фирмы «F&D Innovative Composites Inc», Калифорния, США) в соответствии с проектом, выполняемым по Федеральной целевой программе «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России», разрабатывается технология производства пористой искусственной древесины (ПИД), не имеющая аналогов в России [4,5]. ПИД относится к строительным материалам нового поколения. При изготовлении ПИД будут использованы отходы полимеров и зола уноса ТЭЦ и котельных Иркутского региона.

Искусственная древесина помогает решить один из глобальных кризисов — быстрое исчезновение лесов — «легких» нашей планеты и, как следствие, накопление углекислого газа в атмосфере, а также утилизировать значительные объемы отходов производства. До последнего времени все виды коммерческой искусственной древесины (ИД) изготавливались в основном в виде тяжелых и непористых материалов. Предлагаемая к исследованию возможности производства новая пористая искусственная древесина (ПИД) по большинству своих технических и экономических показателей превышает другие типы коммерческой искусственной и натуральной древесины на мировом рынке. В частности, ПИД, обладая не меньшей прочностью, чем натуральная древесина, значительно превосходит ее по огне- и теплостойкости, морозоустойчивости, химической стойкости, водостой-

кости, биологической стойкости (гниение, воздействие термитов, плесени, и т.д.) и долговечности. При этом себестоимость ее производства по сравнению с другими искусственными аналогами существенно ниже за счет гораздо меньшего содержания полимерного связующего (самого дорогого компонента) и значительной доли дешевого наполнителя — золы.

2. СЫРЬЕВАЯ БАЗА ПРОИЗВОДСТВА ПИД В ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ

На предмет возможности использования золы ТЭС для производства ПИД рассматривалась зола уноса ТЭЦ Иркутской области. Важным сопутствующим положительным фактором является наличие установок отгрузки сухой золы на ряде ТЭЦ региона.

В Иркутской области за годы работы энергосистемы на золоотвалах накоплено около 80 млн т золошлаковых отходов, которые являются серьезным источником загрязнения окружающей среды региона. Суммарный годовой выход золошлаков – около 1,7 млн т. Всего в Иркутской области работает 13 крупных ТЭЦ, сжигающих уголь. Ежегодный объем потребления ими угля растет: в

2007 г. было сожжено 10 млн т угля, в 2008 г. — 14 млн т, а к 2015 г. прогнозируется использовать на ТЭЦ уже 26 млн т. Прогнозируется, что через несколько лет в Иркутской области все золошлакоотвалы будут заполнены до проектных отметок. На ряде ТЭЦ уже ведутся проектные работы, предусматривающие сушку и перемещение золы с золошлакоотвалов в резервные сооружения с целью сокращения занимаемых ими площадей.

В связи с этим внедрение новых направлений переработки золы уноса является весьма актуальным.

3. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ПИД

Основной технологической схемы получения пористой искусственной древесины является метод экструзии — производства изделий из полимерных материалов путем продавливания расплава материала через формующее отверстие в экструдере с каналами необходимого профиля. Для этого используют шнековые или червячные экструдеры. Блок-схема такого производства представлена на рисунке.

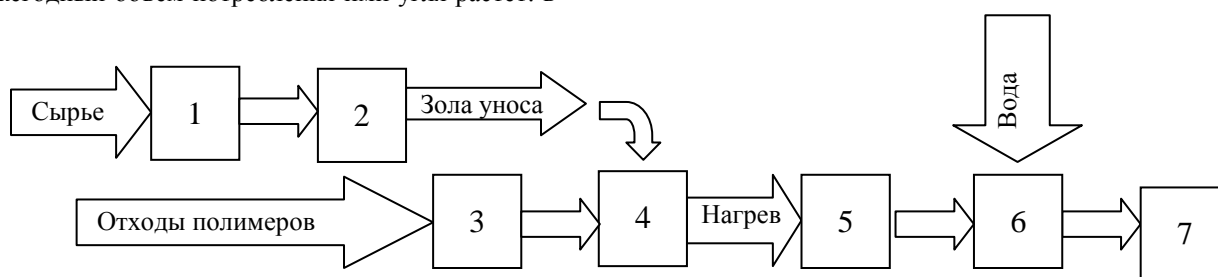


Рисунок. Блок-схема промышленного производства ПИД методом экструзии. 1 – подготовка сырья к технологическому процессу, 2 – подготовка золошлаковой композиции (ЗШК), 3 – загрузка полимерных отходов в экструдер, 4 – загрузка ЗШК, 5 – экструзия, 6 – охладитель изделий, 7 – склад готовой продукции.

Производство ПИД методом экструзии осуществляется путем подготовки расплава в экструдере, придания экструдату необходимой формы при продавливании его через фильеру с последующими охлаждением, калиброванием и т.д.

Технологическая схема включает ряд последовательных операций:

- 1) Складирование и взвешивание отходов и других компонентов композиции.
- 2) Предварительное смешения золы и других компонентов композиции (кроме отходов пластмасс).
- 3) Загрузка отходов пластмасс в первый бункер экструдера.
- 4) Загрузки золы и других компонентов во второй бункер экструдера.
- 5) Предварительный прогрев смеси.
- 6) Выведение экструдера и охлаждающей ванны с дюзами в рабочий режим.
- 7) Загрузка отходов пластмасс и получение расплава.
- 8) Загрузка золы и других компонентов композиции.
- 9) Юстировка нагревательных зол экструдера и оборотов шнеков.
- 10) Юстировка режима работы калибратора.
- 11) Юстировка скорости протяжки экструдата.
- 12) Юстировка интенсивности охлаждения экструдата.
- 13) Юстировка работы режущего устройства.
- 14) Складирование нарезанных образцов.

- 15) Прекращение подачи золы и других компонентов.
- 16) Очистка экструдера.
- 17) Прекращение подачи отходов пластмасс.
- 18) Выключение экструдера и вытяжной вентиляции

Требования к сырью

В качестве основного сырья для производства ПИД использовались зола уноса ТЭЦ и отходы производства поливинилхлорида (ПВХ).

Исходное сырье для экструзии, подаваемое в бункер, может быть в виде порошка, гранул, лент. Технология производства ПИД предусматривает использование золы уноса, удовлетворяющей следующим характеристикам:

- зола не должна содержать даже следовых количеств радиоактивности;
- зола должна иметь минимальное содержание серы (менее 0,1 %) и углерода (менее 1 %);
- влажность золы не должна превышать 0,5 %;
- оптимальный фракционный состав золы – 0,1...3 мкм.

Вся используемая зола должна быть продуктом сжигания угля из одного месторождения и по одной технологии сжигания и сбора.

Используемая зола должна иметь сертификат соответствия и санитарно-эпидемиологическое заключение.

Проблемы, возникающие при использовании отходов ПВХ, как и других полимерных отходов, для повторного

производства ограничивается их нестабильными и худшими по сравнению с исходными полимерами механическими свойствами. Конечная продукция с их использованием часто не удовлетворяет эстетическим критериям. Для некоторых видов продукции использование вторичного сырья вообще запрещено действующими санитарными или сертификационными нормами.

В данном случае для производства ПИД в соответствии с требованиями технологии можно использовать отходы полиэтилена, полиуретана, поливинилхлорида и полипропилена. Способность многих термопластичных материалов многократно перерабатываться без значительного ухудшения их основных свойств является важным преимуществом этих материалов.

Для правильной и четкой переработки отходов полимерных материалов в первую очередь должны соблюдаться два главных принципа — однотипность и чистота. Поэтому для использования этих типов отходов перед дробилками должны устанавливаться магнитные ловушки для удаления металлических включений до их переработки. Однотипность — это переработка отходов со сходными технологическими свойствами — температурой размягчения и плавления.

В связи с этим нами были определены и сформулированы основные требования к отходам пластмасс:

- в первую очередь будут испытаны отходы на основе ПВХ и полиэтилена (ПЭ);
- в работе будут использованы производственные отходы ПВХ и ПЭ (некондиционное сырье и бракованные изделия), количество которых весьма значительно в данном регионе, поскольку имеется несколько крупных предприятий, производящих сам ПВХ и изделия на его основе;
- отходы ПВХ и ПЭ - изделий не должны содержать посторонних механических и химических примесей;
- отходы ПВХ и ПЭ - изделий должны быть размолоты до размера фракций 1...5 мм;
- для производства ПИД должны быть выбраны производственные отходы ПВХ и ПЭ - изделий из одной партии, для того, чтобы они имели одинаковый химический состав, молекулярный вес и степень деструкции.

В связи со значительными объемами отходов производства ПВХ в регионе, данный вид отходов был выбран в качестве приоритетного сырья для разрабатываемой технологии. Несмотря на ряд технологических трудностей, сопровождающих экструзионную переработку поливинилхлорида, существует и ряд преимуществ его использования, например хорошие адгезионные свойства и др., позволяющие рекомендовать его к промышленному внедрению.

Процесс является непрерывным высокоскоростным и может быть полностью автоматизирован.

4. ИСПЫТАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ПОРИСТОЙ ИСКУССТВЕННОЙ ДРЕВЕСИНЫ

Разработанные рецептуры и непрерывный экструзионный процесс получения ПИД на основе золы уноса, полиэтилена, полиуретана и полипропилена в 2008 г. прошли испытания на пилотных экструдерах в США. В 2009 г. на заводе в Иркутске получены образцы ПИД на основе золы уноса ТЭЦ Иркутской области и отходов поливинилхлорида.

Основными требованиями к золе уноса для производства ПИД в экструдерах является: влажность менее 1 %, содержание пылевидной фракции не более 95 % и отсутствие токсичных компонентов.

В связи с этим ЗАО «Иркутскзоллопродукт» были отобраны и предоставлены нам для испытаний пробы золы с нескольких ТЭЦ ОАО «Иркутскэнерго». На основании изучения ряда характеристик, изложенных в паспортах на золошлаковые материалы [6], таких как влажность, гранулометрический и компонентный состав золы были выбраны пробы, послужившие сырьем для проведения испытаний технологии.

В соответствии с паспортом, разработанным ЗАО «Иркутскзоллопродукт», зола уноса характеризуется показателями, представленными в табл. 1, 2.

Класс опасности для окружающей среды V - безопасные отходы. Класс радиационной безопасности согласно санитарным правилам СП 2.6.1.798-99, ГОСТ 30108-94 и НРБ-99 — I ($A_{эфф} \leq 370$ Бк/кг).

Исследования по производству ПИД экструзионным методом проводились на двухшнековом коническом экструдере модели SJSZ – 60 RONGROUP 60/125 при различных соотношениях золы и полимеров. При содержании золы до 45 % массы композиционной смеси качество полученной ПИД отвечает требованиям, предъявляемым к отделочным строительным материалам, и имеет текстуру натуральной древесины. Производимые мелкопористые изделия могут иметь различные размеры и формы в зависимости от требований потребителя. Поверхность изделий — ровная, коричневого цвета, хорошо поддается окраске.

Полученные образцы изделий проходят испытания физико-механических свойств, на соответствие требованиям пожарной безопасности и санитарно-гигиеническим нормам.

Таблица 1. Химический состав золы уноса

Содержание элементов в расчете на оксиды	% по массе
П.п.п.	Не более 5
SiO ₂	45,1...52,7
TiO ₂	0,3...0,4
Al ₂ O ₃	6,5...11,4
Fe ₂ O ₃	17,2...9,0
CaO	24,5...12,5
MgO	5,2...7,2
K ₂ O	0,1...0,2
Na ₂ O	0,4...0,5
SO ₃	3,4...0,56
CaO _{св}	Не более 10

Таблица 2. Гранулометрический состав золы уноса

Сито, мм	0,315	0,14	0,08	П
Фракция, %	—	—	0,4	99,6

5. ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ НОВОГО СТРОИТЕЛЬНОГО МАТЕРИАЛА

Новый материал, создаваемый по разработанной технологии, а именно ПИД, найдет широкое применение в строительном производстве.

Применение ПИД снаружи помещений: наружные стены и обшивка домов досками и «бревнами», садовая мебель и дорожки, патио, наружные оконные и дверные рамы, заборы, шифер для крыш, ж/д шпалы, морские пирсы, тротуары, палубы кораблей и т.д.

Применение термопластичной ПИД внутри помещений: полы, потолки, двери, внутренние оконные и дверные рамы, внутренняя обивка стен, полки, шкафы, мебель, шпон и т.д.

Данная технология позволяет выпускать изделия из термопластичной ПИД любой формы, длины, цвета, запаха, поверхностной текстуры и любого сечения (прямоугольного, квадратного, круглых и овальных «бревен»), а также полые доски и «вагонку».

Возможность использования обычного перерабатывающего оборудования – экструдеров и промышленных отходов, таких как зола уноса и полимерные материалы, приводит к значительному снижению себестоимости производства термопластичной ПИД. Изготовление изделий из ПИД легко организовать в уже существующих цехах и на заводах по производству термопластичных пластмассовых изделий.

Разработано экономическое обоснование производства ПИД, позволяющее сделать заключение, как об экологической, так и экономической эффективности использования предлагаемой технологии.

При проведении в ИрГТУ семинара «Проблемы и перспективы производства пористой искусственной древесины (ПИД)» была проявлена заинтересованность как со стороны Министерства природных ресурсов Иркутской области, ОАО «Иркутскэнерго» и ЗАО «Иркутскзоллопродукт», так и со стороны строительных компаний – потенциальных потребителей ПИД к сотрудничеству для внедрения данной технологии в промышленное производство.

ВЫВОДЫ

Представлены результаты разработки перспективной технологии крупнотоннажного производства строительных материалов нового поколения — пористой искусственной древесины — из золы энергетических углей и отходов поливинилхлорида. Представленная технология применима для использования на действующих предприятиях по производству термопластичных пластмассовых изделий, а для ее внедрения не требуется существенных инвестиций. Производство изделий из ПИД позволяет не

только получить конкурентоспособные искусственные строительные материалы, но и снизить техногенную нагрузку на окружающую среду за счет полезного применения побочных продуктов энергетического производства и отходов ПВХ и других пластмасс, которые иначе бы вынуждены были размещать на полигонах отходов и золошлакохранилищах ТЭС.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Государственный доклад** "О состоянии окружающей природной среды Иркутской области в 2007 году". М., 2007.
2. **Сарапулова Г.И.,** Костюкова Е.О., Зелинская Е.В. Обращение с отходами на ТЭЦ-11 ОАО «Иркутскэнерго» // Сборник материалов II Всероссийской научно-практической конференции "Окружающая среда и здоровье". Пенза, 2005. С. 83—86.
3. **Туркина И.А.** Техногенные отходы в производстве строительных материалов // Технологии бетонов, №1. 2009
4. **F.Shutov,** Recycling of Fly Ash for Production of Plastic Lumber // The Journal of Solid Waste Technology and Management / Proceedings of International Conf. on Solid Waste. Philadelphia. USA, 2007.
5. **Костюкова Е.О.,** Барахтенко В.В., Зелинская Е.В., Шутов Ф.А. Промышленные отходы – сырье для строительных материалов будущего: Иркутский регион // Экология урбанизированных территорий. 2009. №4.
6. **Паспорт** на золу уноса ОАО «Иркутскэнерго» ТЭЦ-9 участок № 1. Разработан ЗАО «Иркутскзоллопродукт»
7. **Панов Ю.Т.** Особенности получения пенополиолефинов экструзионными методами // Полимерные материалы. 2007. №8. С.99.

Работа выполнена при поддержке ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» (государственный контракт №02.740.11.5080 «Разработка новых материалов на основе использования крупнотоннажных отходов»)

Использование золы уноса при производстве пористых строительных материалов нового поколения. В.В. Барахтенко, Е.В. Зелинская, Е.О. Костюкова и др. // Материалы III научно-практического семинара «Золошлаки ТЭС: удаление, транспорт, переработка, складирование», Москва, 22–23 апреля 2010 г. — М.: Издательский дом МЭИ, 2010. С. 60 – 63.