

ЗОЛОШЛАКИ КАК ВТОРИЧНЫЙ РЕСУРС: КИТАЙСКИЙ ОПЫТ И РОССИЙСКИЕ РЕАЛИИ

Бембеев Д.Б., Бобров А.В., Самсонов А.А.

Актуальность

☀ **Золошлаковые отходы (ЗШО)** — один из крупнейших видов промышленных отходов, образующихся при сжигании угля на ТЭЦ.

СН **Китай** ежегодно образует более **500 млн тонн ЗШО**, из которых перерабатывается свыше **70%**.

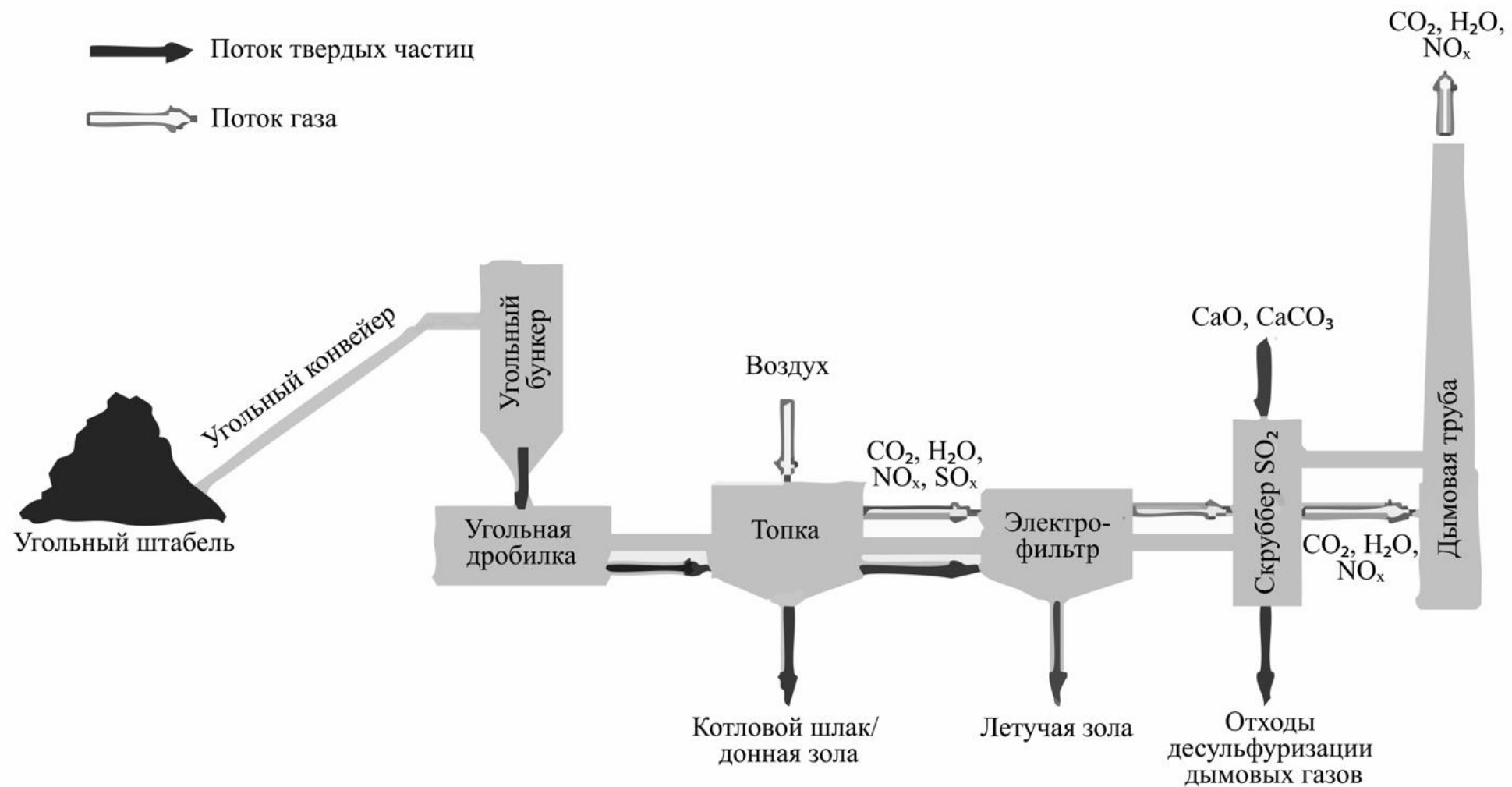
RU **Россия** ежегодно накапливает около **30 млн тонн ЗШО**, но уровень переработки составляет **менее 10%**.

🌱 **Экологическая проблема:** ЗШО занимают большие площади, создают угрозу загрязнения воздуха, почв и вод.

🔄 **Переработка** золы и шлаков позволяет:

- сократить объёмы накопленных отходов
- заменить первичные ресурсы в строительстве
- снизить углеродный след

Образование ЗШО



Минералогический состав ЗШО

Аморфная стекловидная фаза — доминирующая в летучей золе, особенно при быстром охлаждении.

Кристаллические фазы:

кварц (SiO_2), муллит ($3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$), магнетит (Fe_3O_4), гематит (Fe_2O_3), анортит ($\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$), кальцит (CaCO_3) — встречаются в шлаках.

Минералогический состав зависит от:

- типа угля (бурый, каменный, антрацит)
- температуры сжигания
- условий улавливания и охлаждения

Химический состав ЗШО

Основные оксиды (% масс.):

- SiO_2 – 30–60
- Al_2O_3 – 10–35
- Fe_2O_3 – 5–20
- CaO – 1–20
- MgO , TiO_2 , K_2O , Na_2O – в меньших количествах

Зольный остаток может содержать **редкоземельные элементы, тяжёлые металлы, сульфаты и углерод**

Опыт Китая по утилизации ЗШО

Законодательная база

Приняты законы:

- «О поощрении циркулярной экономики»
- «О чистом производстве»

Чётко закреплены обязанности производителей отходов, переработчиков и регуляторов

Внедрена система **государственных стандартов** на вторичные материалы

Опыт Китая по утилизации ЗШО

Примеры крупных проектов

ErDOS Electrical Metallurgical Co., Ltd.

- Кислотное выщелачивание золы → глинозём, цеолиты, силикаты натрия

Inner Mongolia Kaiyuan Ecological Aluminum Co., Ltd.

- Спекание с сульфатом аммония → извлечение Al и Si-продуктов

CHN Energy — масштабная переработка ЗШО с выпуском стройматериалов

Ситуация в России

- **Уровень утилизации ЗШО:** составляет **менее 10%**,

⚠️ Основные проблемы

- **Отсутствие специализированного законодательства:** ЗШО не имеют официального статуса вторичного минерального сырья.
- **Низкий спрос на переработанную продукцию:** ограниченное применение в строительстве и других отраслях.
- **Логистические трудности:** значительные расстояния между местами образования ЗШО и потенциальными потребителями.

Текущие инициативы

- **Энергетическая стратегия РФ до 2035 года:** планируется увеличить утилизацию ЗШО до **50%**.
- **Новые предприятия:** в 2024 году начали работу предприятия, способные перерабатывать до **4 млн тонн** отходов в год.
- **Пилотные проекты:** реализуются в регионах с высокой концентрацией ТЭС, таких как Сибирь и Дальний Восток.

АРВИС: вклад в развитие переработки ЗШО в России

- **АРВИС (Ассоциация развития вторичного использования сырья)** — ключевая структура, координирующая обращение с золошлаковыми отходами в РФ.
- Формирует **реестр отходов ТЭС** и отслеживает **объёмы переработки ЗШО** по регионам.
- Разрабатывает **методические документы** и **инженерные решения** для вовлечения ЗШО в хозяйственный оборот.
- Реализует **пилотные проекты** совместно с энергетическими компаниями и промышленными партнёрами.
- Содействует **созданию нормативной базы**, добиваясь признания ЗШО вторичным минеральным сырьём.
- Продвигает **информационно-аналитические инструменты**, включая онлайн-карту объектов и кейсов переработки.

Выводы

- **Золошлаковые отходы** — это не только экологическая проблема, но и **ценный техногенный ресурс**.
- **Китай** демонстрирует успешную модель высокой утилизации ЗШО благодаря:
 - чёткой законодательной базе
 - инвестиционной поддержке
 - развитию перерабатывающей инфраструктуры
- **Россия** отстаёт по уровню переработки (<10%), несмотря на сопоставимые объёмы накопления.
- Ключевые барьеры в РФ:
 - отсутствие статуса ЗШО как вторичного сырья
 - слабый рынок сбыта
 - разрыв между генерацией и потреблением

Спасибо за внимание!