

Лихарев Алексей Дмитриевич, Магистрант,
Государственный университет просвещения
Likharev Alexey Dmitrievich, Undergraduate,
Federal State University of Education

**ПРОТИВОРЕЧИЯ «ЗЕЛЁНОЙ» ЭНЕРГЕТИКИ:
УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОГЕННЫМИ ОСТАТКАМИ
НА ЗАВЕРШАЮЩИХ СТАДИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ
CONTRADICTIONS OF GREEN ENERGY: MANAGEMENT
OF TECHNOGENIC RESIDUES AT THE FINAL STAGES OF OPERATION**

Аннотация. В работе рассмотрены проблемы утилизации отходов ВИЭ, проанализированы кейсы переработки ветрогенераторов, панелей и аккумуляторов, дана оценка эффективности технологий и предложены меры по совершенствованию российского законодательства и инфраструктуры. Особое внимание уделено правовым аспектам регулирования данной сферы в Российской Федерации.

Abstract. The paper considered problems of disposal of RES waste, analyzed cases of recycling of wind generators, panels and batteries, evaluated the effectiveness of technologies and proposed measures to improve Russian legislation and infrastructure. Special attention is paid to the legal aspects of regulating this area in the Russian Federation.

Ключевые слова: Возобновляемая энергетика, утилизация отходов, ветроэнергетика, солнечная энергетика, цикличная экономика, «зеленый» переход.

Keywords: Renewable energy, waste disposal, wind energy, solar energy, circular economy, green transition.

Переход к низкоуглеродным энергетическим моделям набирает обороты во всём мире, однако за ростом мощностей ветряных и солнечных станций неизбежно следует увеличение объёмов техногенных остатков, требующих безопасного удаления [1].

Для стран, принятых курсы на декарбонизацию, сегодня особую остроту приобретает проблема завершающей фазы эксплуатации генерирующих объектов – момент, когда оборудование исчерпывает свой ресурс. Привычные методы захоронения на полигонах здесь оказываются либо малоэффективными, либо неприемлемыми с экологических позиций [3].

Инновационные решения в области вторичной переработки позволяют взглянуть на эти отходы как на источник ценного сырья. Речь идёт о возвращении в хозяйственный оборот редкоземельных элементов, стеклянного боя, алюминиевых сплавов и полимерных составляющих. В условиях нарастающего дефицита первичных ресурсов именно глубокая утилизация компонентов ВИЭ становится ключевым звеном устойчивой энергетической политики [6].

Действующая в России система нормативных актов задаёт общие рамки обращения с отходами, однако специализированных положений для продукции ветро- и солнечной генерации пока недостаточно. Федеральный закон № 89-ФЗ определяет базовые принципы работы с отходами, но не учитывает специфику композитных материалов и сложной радиоэлектроники [2].

Экологическое законодательство (Федеральный закон № 7-ФЗ) требует предотвращения вреда природной среде, что распространяется и на отходы ВИЭ, однако механизмы реализации этой нормы применительно к лопастям и панелям прописаны слабо.

В то же время стратегические документы, в частности – в области промышленной переработки, указывают на необходимость скорейшего перехода к наилучшим доступным технологиям для сложных видов сырья [4].



Ключевые технологические направления решения проблемы:

1. Обработка композитных элементов ветроустановок. Сегодня разрабатываются термические, химические и механические способы разделения стекло- и углепластиков на волокнистые и связующие фракции, что даёт возможность применять их в стройиндустрии и при изготовлении полимерных изделий. В качестве примера можно привести технологию датской компании Vestas, где реализован полный распад эпоксидной матрицы с сохранением свойств армирующих волокон [5].

2. Извлечение компонентов из отработавших фотоэлектрических модулей. Современные автоматические линии позволяют отсортировать до 95% стекла, кремниевых пластин, серебряных токопроводящих дорожек и алюминиевых рам. Химические и термические методы очистки дают возможность получать вторичный кремний, который востребован в металлургии и производстве новых элементов [6].

3. Переработка литий-ионных аккумуляторов. Для отработавших батарей электромобилей и стационарных накопителей создаются гидрометаллургические комплексы, позволяющие извлекать литий, кобальт, никель и марганец. Это не только снижает токсичную нагрузку на почвы и воды, но и формирует базу для производства новых аккумуляторов без дополнительной добычи руд.

4. Экономические и регуляторные меры. Стимулирование переработки достигается через:

- a. введение расширенной ответственности производителей оборудования;
- b. создание торговых площадок для вторичного сырья;
- c. субсидирование строительства перерабатывающих мощностей;
- d. разработку нормативов по разборке и паспортизации выводимых объектов.

Организация системы сбора и переработки отходов ВИЭ сопряжена с необходимостью строгого соблюдения технических регламентов (Закон № 184-ФЗ) и учёта классов опасности. Отдельный аспект – экономическая окупаемость рециклинга, которая пока уступает прямой добыче первичных ископаемых, что требует продуманной государственной поддержки [3].

В российской практике уже накоплен определённый опыт переработки отдельных компонентов оборудования ВИЭ, о чём свидетельствует следующая подборка пилотных проектов, представленная в таблице 1.

Таблица 1

Сводная ведомость пилотных проектов по переработке
промышленных отходов [доработано автором на основе 5]

Площадка / Инициатива	Применяемое решение	Результат / Назначение
Опытный полигон «Росатома» (г. Новоуральск)	Технология термодеструкции композитных панелей	Получение газовой смеси и твёрдого остатка для строительных материалов.
Лаборатория МИСиС (г. Москва)	Экспериментальное гидрометаллургическое вскрытие литий-кобальтового сырья	Отработка режимов выщелачивания для импортозамещения в батарейной отрасли.
ГК «Хевел» (Чувашская Республика)	Проект по демонтажу и первичной сортировке старых кремниевых панелей	Создание регионального пункта приёма и сепарации стекла и проводников.
АО «Атомэнергомаш» (пилот в Ленинградской обл.)	Механический шреддинг лопастей ветрогенераторов с последующей грануляцией	Получение полимерной крошки для дорожных покрытий и шумоизоляции.



Приведённые примеры показывают разнообразие подходов: от высокотемпературного пиролиза до механической деструкции. Так, в проекте «Росатома» основная цель – максимальный выход вторичных энергоносителей, тогда как в опытах МИСиС акцент сделан на химическое извлечение дорогостоящих металлов. В Чувашии отрабатывается логистический этап – важнейший элемент всей цепочки, а в Ленинградской области проверяется возможность использования измельчённых композитов в гражданском строительстве [6].

В перспективе на федеральном уровне планируется запуск системы «ЭкоЭнерго», которая объединит базу данных об объектах ВИЭ, подлежащих списанию, стандартизирует процедуры их приёмки и передаст переработчикам сведения о химическом составе [4]. Это должно синхронизировать потоки отходов и мощности действующих утилизационных предприятий.

Внедрение описанных подходов позволяет уйти от линейной модели «произвели – использовали – выбросили» к многократному вовлечению материалов в хозяйственный оборот, что снижает антропогенный прессинг и укрепляет ресурсную независимость страны [3].

Для дальнейшего прогресса в этой сфере представляется необходимым:

1. Утвердить отраслевые технические условия на демонтаж, транспортировку и переработку крупногабаритных элементов ВИЭ;
2. Сформировать распределённую сеть приёмных пунктов, охватывающую все регионы с развитой «зелёной» генерацией;
3. Ввести в вузовские образовательные программы специализированные модули по химической и механической переработке полимеров и электронных отходов;
4. Обеспечить долгосрочное бюджетное и внебюджетное финансирование строительства заводов по глубокой переработке, в том числе – за счёт экологических платежей.

Интеграция циклических принципов в жизненный цикл энергооборудования – это не дань моде, а объективная необходимость, от которой зависит экологическая безопасность и технологическая состоятельность энергетического сектора в XXI веке.

Список литературы:

1. Федеральный закон от 27.07.2006 № 149-ФЗ «Об информации, информационных технологиях и о защите информации»: [принят Гос. Думой 8 июля 2006 г.: одобр. Советом Федерации 14 июля 2006 г.] // Собрание законодательства РФ. – 2006. – № 31 (ч. 1). – Ст. 3448.
2. Федеральный закон от 24.06.1998 № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления»: [принят Гос. Думой 22 мая 1998 г.: одобр. Советом Федерации 10 июня 1998 г.] // Собрание законодательства РФ. – 1998. – № 26. – Ст. 3009.
3. Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды»: [принят Гос. Думой 20 дек. 2001 г.: одобр. Советом Федерации 26 дек. 2001 г.] // Собрание законодательства РФ. – 2002. – № 2. – Ст. 133.
4. Об утверждении Стратегии развития промышленности по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов производства и потребления: распоряжение Правительства РФ от 25.01.2018 № 84-р // Собрание законодательства РФ. – 2018. – № 6. – Ст. 942.
5. Технический отчёт Vestas по утилизации композитных материалов [Электронный ресурс] – URL: <https://www.vestas.com/en/sustainability/reports-and-ratings> дата обращения: 01.07.2026).
6. Белов С. Аналитический обзор перерабатываемых компонентов солнечных модулей в РФ [Электронный ресурс] – URL: <https://habr.com/ru/companies/onlinepatent/articles/961314/> (дата обращения: 01.07.2026).

