

УДК: 621

ПЕРСПЕКТИВЫ И ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИЙ
ПЕРЕРАБОТКИ И УТИЛИЗАЦИИ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ В МИРЕ И
РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ
PROSPECTS AND TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF
TECHNOLOGIES FOR RECYCLING AND DISPOSAL OF ELECTRIC
VEHICLES WORLDWIDE AND THE RESPUBLIC OF BELARUS

А.А. Деркач, Ю.С. Грицкова
Научный руководитель – В.В. Павлова, к.э.н., доцент
Белорусский национальный технический университет,
г.Минск, Беларусь
gritskova16.y@gmail.com
A.A. Derkach, Y.S. Gritskova,
Supervisor — V.V. Pavlova, associate professor
Belarusian national technical university, Minsk, Belarus

Аннотация. В статье рассмотрены технологические инновации и тенденции развития способов переработки и утилизации аккумуляторных батарей электромобилей на мировом и региональном уровнях, обосновываются их важность для сокращения выбросов токсичных веществ и улучшения экологии.

Annotation. The article considers technological innovations and trends in the development of ways to recycle and dispose of battery batteries for electric cars at global and regional levels, justifying their importance for reducing emissions of toxic substances and improving the environment.

Ключевые слова: электромобили, аккумуляторные батареи, переработка, утилизация, экологичные технологии, устойчивое развитие

Keywords: electric vehicles, battery, recycling, recycling, sustainable technologies, sustainable development.

Введение. Автотранспорт является одним из основных источников выбросов вредных веществ в атмосферу, что негативно влияет на климат и здоровье людей. Стремление к снижению уровня загрязнения требует перехода к экологически чистым транспортным

средствам, таким как электромобили [1].

Основная часть. Исследование, проведенное университетом VUB в Брюсселе для NGO Transport & Environment (T&E), доказывает, что количество выбросов от автомобилей с дизельными двигателями гораздо выше выбросов от переработки угля для получения электроэнергии.

Анализ рынка и экологической ситуации в Евросоюзе показал, что автомобиль на аккумуляторах (с момента сборки автомобиля и аккумулятора, потребления электроэнергии) производит на 25-55% (в зависимости от страны) меньше выбросов CO₂ при эксплуатации, чем автомобиль с ДВС. При исследовании учитывались способы получения электроэнергии в каждой из изученных стран. На рисунке 1 представлено влияние электромобилей на климат при различных сочетаниях энергоресурсов [2].

Некоммерческая организация «Союз заинтересованных ученых» из США сравнила углеродный след двух типов машин в процессе их производства и эксплуатации. Исследователи пришли к выводу, что сумма выбросов CO₂ электрокарами оказалась на 52–27% ниже, чем выбросы традиционных автомобилей. Сравнение представлено на рисунке 2 [3].

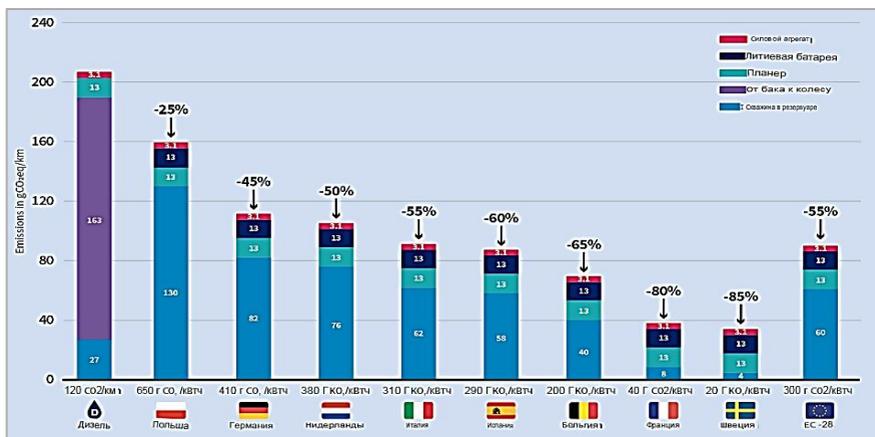


Рисунок 1 – Влияние электромобилей на климат при различных сочетаниях энергоресурсов [2]

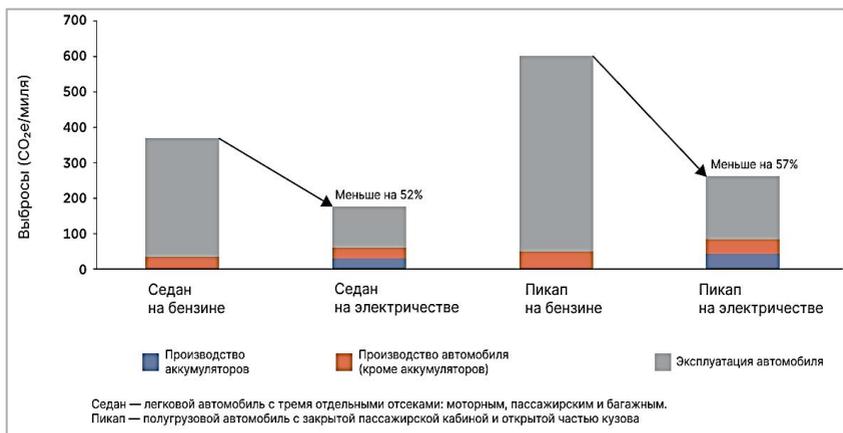


Рисунок 2 – Сравнение выбросов двух типов авто [3]

С ростом популярности транспортных средств на новых источниках энергии растет производство электродвигателей и возникает проблема их утилизации.

Германский Институт Фраунгофера по машиностроению и автоматизации объединил усилия с рядом автомобильных компаний, чтобы запустить проект Reassert для совместного изучения ремонта, восстановления и повторного использования двигателей, тем самым способствуя эффективной переработке двигателей.

Идея этого проекта заключается в том, чтобы максимально эффективно разбирать двигатель на определенные детали, которыми можно оснащать новый двигатель. Двигатели электромобилей содержат ценное сырье, такое как медь и редкоземельные металлы, неодим. Современные методы переработки не могут повторно использовать эти материалы.

За счет более рационального проектирования двигателя электромобиля этот проект создаёт новую технологическую цепочку, от входного контроля, размагничивания, очистки, диагностики компонентов и восстановления, вплоть до повторной сборки и заключительного тестирования, в ходе которого оценивается функциональность двигателя [4]

Основные проблемы, связанных с повторным использованием аккумуляторов:

- проблемы скрининга. Перепрофилирование батарей для повторного использования требует тщательного внимания к

техническим факторам, в частности, к снижению производительности с течением времени. Это требует строгого процесса скрининга, применяемого к ячейкам и модулям, полученным из различных батарей.

– проблемы безопасности. Повторное использование батарей может повлечь за собой риски, такие как нагрев, пожар и взрыв. Крайне важно уделять первостепенное внимание безопасности на протяжении всего процесса повторного использования, тщательно оценивая все потенциальные угрозы безопасности для повторного применения.

– неопределенности, связанные с первым сроком службы, возникают из-за того, что батареи, использовавшиеся ранее, могли подвергаться различным режимам эксплуатации и воздействию различных условий окружающей среды, что влияет на их производительность в повторном применении.

– проблемы управления аккумулятором возникают из системы управления аккумулятором (BMS), которую необходимо настроить для аккумуляторной батареи в ее второй жизни. Основные проблемы, с которыми сталкивается BMS, включают диагностику аккумулятора и прогнозирование состояния заряда аккумулятора (SOC), его общего состояния (SOH) и балансировку ячеек, которые могут быть неравномерно стареющими.

– проблемы применения. Пригодность ранее использовавшейся аккумуляторной системы для конкретного применения будет зависеть от таких факторов, как совместимость аккумулятора с новым применением и предполагаемый срок службы аккумулятора.

– технико-экономические проблемы, связанные с экономической оценкой и анализом осуществимости повторного использования батарей. Понимание основных затрат, связанных с демонтажем, сбором, транспортировкой, хранением и обслуживанием батарей, имеет решающее значение, как и анализ снижения производительности батарей по сравнению с новыми

Несмотря на многообещающий потенциал переработки EOL LiB, существует ряд проблем и ограничений. Обеспечение безопасности при обращении с батареями и процессах переработки остается важнейшей проблемой из-за присутствия опасных материалов. Создание эффективной и широко распространенной инфраструктуры сбора батарей создает логистические проблемы. Более того, некоторые процессы переработки могут по-прежнему

подразумевать высокие затраты и потребление энергии, что препятствует широкому внедрению. Создание крупномасштабных предприятий по переработке может значительно снизить затраты на переработку, делая её финансово привлекательным вариантом. Государственные стимулы и нормативные акты играют решающую роль в поощрении внедрения методов переработки и содействии устойчивому рынку переработанных материалов. **В таблице 2** почему 2? обобщены преимущества и недостатки каждого метода.

Таблица 2 – Преимущества и недостатки различных методов переработки литий-ионных аккумуляторов [5].

Метод	Преимущества	Недостатки
Механическое разделение	– Простой процесс и экономическая эффективность.	– Ограниченный процент восстановления.
	– Облегчает первоначальное разделение материалов.	– Некоторые ценные материалы могут быть утеряны.
	– Может извлекать ценные металлы и пластик.	– Для получения высококачественных материалов могут потребоваться дополнительные процессы.
Пирометаллургическая переработка	– Эффективное извлечение металлов при высоких температурах.	– Высокое потребление энергии, приводящее к более высоким эксплуатационным расходам.
	– Позволяет извлечь значительную часть ценных металлов.	– Возможные выбросы загрязняющих веществ и парниковых газов при высокотемпературной обработке.
	– Может работать с аккумуляторами смешанного химического состава и различных размеров.	– Возможная потеря некоторых металлов из-за улетучивания.
	– Проверенная технология с налаженной инфраструктурой.	– Образование токсичных выбросов и остатков.
		– Риск изменения состава металла из-за высокой температуры.

Метод **Преимущества**

Гидрометаллургическая переработка

- Экологичность и низкий уровень выбросов.
- Селективное извлечение металлов.
- Высокие показатели извлечения и чистоты металлов.
- Возможность обработки широкого спектра химических составов аккумуляторов.

Прямая катодная переработка

- Снижает воздействие производства аккумуляторов на окружающую среду.
- Поддерживает более устойчивую цепочку поставок аккумуляторов.
- Снижает зависимость от добычи нового катодного материала.

Недостатки

- Требуется осторожного обращения с едкими химикатами.
- Первоначальные затраты на установку и эксплуатацию могут быть выше.
- Высокие затраты на химию и переработку из-за использования реагентов и сложных процессов разделения.
- Необходима очистка кислотных сточных вод, что может привести к высоким затратам на утилизацию химических отходов.
- Возможная потеря растворителя в процессе переработки.
- Требуется эффективное и селективное катодное выщелачивание.
- Могут потребоваться сложные процессы очистки.
- Ограниченная применимость к определенным химическим структурам катодов.

В связи с увеличением потребления электроэнергии, в том числе связанным с ростом числа «электричек» на дорогах стран, больше задач становится перед учёными. Так, по поводу аккумуляторов для автомобилей зампреда Президиума НАН Беларуси Сергей Чижик отмечал: «Они недешёвые, основаны на литии, который вряд ли будет дешёвым. В Академии наук достаточно долго работают над поиском альтернативы. Равного литию пока нет, но мы начинаем использовать натрий-ионные батареи из более дешёвого материала. Они уже доведены до опытного образца и проходят испытания».

Актуальной темой остаётся утилизация литий-ионных батарей – важно минимизировать потенциальный вред для окружающей среды. Вначале они активно используются в передвижных средствах, таких как электромобиль. Потом они истощаются, и их можно использовать в стационарных системах, чтобы накапливать энергию для бытовых нужд – коттеджей, небольших предприятий. После этого наступает период, когда они уже непригодны ни для каких целей, и здесь должна быть разумная утилизация. Одно из решений – технологии гидрометаллургии, когда удаётся переработать составные части литий-ионных батарей до уровня солей редких металлов – кобальта, лития, никеля и так далее. Их последующее использование возможно в металлургии.» [6].

На данный момент в Республике Беларусь нет отдельных предприятий, которые массово утилизируют батареи электромобилей. Технология заключается в возможно быстром извлечении полезных металлов и веществ, а далее в закапывании оставшихся от литий-ионных батарей компонентов в землю на специальную подложку, не позволяющую вредным веществам попасть в почву и грунтовые воды.

Такой подход используется с расчетом на появление в ближайшее время технологий, позволяющих недорого переработать литий-ионные батареи с минимальными выбросами в окружающую среду.

Заключение. Увеличение потребления электроэнергии и расширение использования электротранспорта ставят перед научным сообществом новые задачи. Исключительная роль принадлежит разработке альтернативных аккумуляторов, таких как натрий-ионные батареи, которые могут снизить зависимость от дорогостоящего лития. Однако наряду с этим необходимо решать проблему утилизации литий-ионных батарей, чтобы минимизировать вред для окружающей среды. На данный момент в Беларуси отсутствуют специализированные предприятия, которые могут массово перерабатывать такие батареи, что подчеркивает важность разработки новых технологий гидрометаллургии для извлечения ценных металлов. Важно также создать решения для безопасного хранения непригодных компонентов, чтобы избежать загрязнения почвы и грунтовых вод. Таким образом, дальнейшие исследования и внедрение инновационных технологий в этой области являются необходимыми шагами для устойчивого развития электроэнергетического сектора.

Литература

1. Инженерное и экономическое обеспечение деятельности транспорта и машиностроения: материалы VIII. Междунар. науч. конф. молодых ученых, Гродно, 30 мая 2024 г. / А.А. Деркач, Ю.С. Грицкова – Перспективы и тенденции развития электромобилей в мире и Республике Беларусь / ГрГУ им. Янки Купалы – Гродно, 2024. – 537 с.

2. Электрические автомобили, питающиеся «грязным» топливом [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://hevcars.com.ua/elektricheskie-avtomobili-vyidelyayut-menshe-vyibrosov-chem-dizelnyie-avto/>. – Дата доступа: 25.10.2024.

3. Электрокар или автомобиль на бензине: что наносит больший вред природе [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://trends.rbc.ru/trends/green/66f3d81c9a794702b5e6bbea> – Дата доступа: 25.10.2024.

4. Вторая жизнь двигателей электромобилей. Запущен проект Reassert [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ixbt.com/news/2024/01/03/vtoraja-zhizn-dvigatелеj-jelektromobilej-zapushen-proekt-reassert.html> . – Дата доступа: 29.10.2024.

5. Empowering Electric Vehicles Batteries: A Comprehensive Look at the Application and Challenges of Second-Life Batteries [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.mdpi.com/2313-0105/10/5/161> . – Дата доступа: 31.10.2024.

6. Альтернатива литию и утилизация батарей. Над чем работают учёные в сфере электротранспорта в РБ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://av.by/news/nad_chem_rabotaiut_uchenye_v_sfere_elektrotransporta_v_belarusi. – Дата доступа: 01.11.2024.

Представлено 14.11.2024