

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна
Навчально - науковий інститут екології
Кафедра екологічної безпеки та екологічної освіти

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

бакалавра

на тему

СОЦІАЛЬНО-ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ВИДІВ ТРАНСПОРТУ

Виконав: студент 4 курсу, групи ДЕ-42
спеціальності : 101 «Екологія»

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Автор _____ / Марія ТІСТОЛ
(підпис) (ім'я та прізвище)

Керівник _____ / проф. Алла НЕКОС
(підпис) (ім'я та прізвище)

Рецензент _____ / проф. Федір НОВІКОВ
(підпис) (ім'я та прізвище)

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри _____ / проф. Алла НЕКОС
(підпис) (ім'я та прізвище)

Нормоконтроль _____ / Марина ЩОКІНА
(підпис) (ім'я та прізвище)

Секретар ЕК _____ / Світлана БУРЧЕНКО
(підпис) (ім'я та прізвище)


Харків – 2024 рік

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ імені В. Н. КАРАЗІНА

Навчально-науковий інститут екології
Кафедра екологічної безпеки та екологічної освіти
Рівень вищої освіти (освітньо-кваліфікаційний рівень) бакалавр
Спеціальність 101 Екологія

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

 / проф. Алла НЕКОС
підпис ім'я та прізвище

“5” травня 2023 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ (ПРОЕКТ)

Марії ТІСТОЛ

(ім'я та прізвище)

1. Тема роботи Соціально-екологічні аспекти використання альтернативних видів транспорту

керівник роботи Алла НЕКОС д-р геогр. наук, професор
(ім'я, прізвище, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від “10” квітня 2024 року № 4301-5/790

2. Строк подання студентом роботи 1 травня 2024 р.

3. Перелік питань, які потрібно розробити:

1. Опрацювати наукову, науково - популярну літературу, довідкові видання щодо актуальності використання альтернативних видів транспорту в світі та Україні.
2. Проаналізувати вплив альтернативних видів транспорту на навколишнє середовище та здоров'я людини.

3. Розрахувати екологічні ризики для працівників підприємств з утилізації акумуляторів електромобілів.
4. Сформулювати висновки.

4. План роботи

№ з/п	Назви етапів роботи
1	Аналіз наукових літературних джерел, робота з інтернет-ресурсами
2	Написання розділів кваліфікаційної роботи. Створення ілюстративних матеріалів за допомогою комп'ютерних програм
3	Розрахунок екологічного ризику за визначеними методиками
4	Формулювання висновків, оформлення списку джерел

5. Дата видачі завдання 05.06. 2023 р.

Студент

підпис

Марія ТІСТОЛ

Керівник роботи



підпис

проф. Алла НЕКОС

АНОТАЦІЯ

**СОЦІАЛЬНО-ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ
АЛЬТЕРНАТИВНИХ ВИДІВ ТРАНСПОРТУ**

Марія ГІСТОЛ

Кваліфікаційна робота «Соціально-екологічні аспекти використання альтернативних видів транспорту» містить 36 сторінок, 3 розділи, 6 таблиць, 8 рисунків, 3 формули, 23 використаних джерела.

Мета дослідження. Визначення впливу альтернативних видів транспорту на навколишнє середовище та здоров'я людини.

Актуальність дослідження. Використання альтернативних видів транспорту на сьогодні є актуальним. Електричний транспорт може допомогти зменшити залежність від викопних видів палива, що при спалюванні спричиняють викиди шкідливих газів, сприяючи забрудненню довкілля. Його використання є ефективним способом зниження впливу на довкілля.

Завдання дослідження: Опрацювати публікації стосовно стану вивчення питання щодо сфери альтернативних видів транспорту, визначити екологічно спрямовані заходи різноманітних автовиробників, розрахувати індивідуальний канцерогенний ризик на підприємстві з переробки акумуляторів електротранспорту.

Методи дослідження. Аналіз літературних джерел, методи розрахунків екологічних ризиків, використання комп'ютерних програм.

Результати. Визначено, що на підприємстві з переробки акумуляторів середній рівень індивідуального ризику канцерогенних захворювань при інгаляційному впливі важких металів. Такий рівень підходить для виробничих умов, але необхідно здійснювати динамічний контроль концентрацій забруднюючих речовин. Також було розраховано, що найбільші середні добові дози важких металів інгаляційним шляхом отримують працівники на етапі власне переробки, особливо Cd.

ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА, ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТ, ЗАБРУДНЕННЯ, ЛІТІЙ-ІОННІ АКУМУЛЯТОРИ, ВИРОБНИЦТВО, УТИЛІЗАЦІЯ

ABSTRACT

SOCIO-ECOLOGICAL ASPECTS OF THE USE OF ALTERNATIVE MODES OF TRANSPORT

Mariia TISTOL

The qualification work "Socio-ecological aspects of the use of alternative modes of transport" contains 36 pages, 3 chapters, 6 tables, 8 figures, 3 formulas, 23 references.

The purpose of the study. To determine the impact of alternative modes of transport on the environment and human health.

The relevance of the study. The use of alternative modes of transport is relevant today. Electric transport can help reduce dependence on fossil fuels, which, when burned, cause emissions of harmful gases, contributing to environmental pollution. Its use is an effective way to reduce environmental impact.

Objectives of the study: To review publications on the state of research in the field of alternative modes of transport, to identify environmentally friendly measures of various automakers, to calculate the individual carcinogenic risk at an electric vehicle battery recycling facility.

Research methods. Analysis of literature sources, methods of calculating environmental risks, use of computer programs.

Results. It has been determined that the battery processing plant has an average level of individual risk of carcinogenic diseases from inhalation exposure to heavy metals. This level is suitable for production conditions, but it is necessary to dynamically monitor the concentrations of pollutants. It was also calculated that the highest average daily doses of heavy metals by inhalation are received by workers at the processing stage, especially Cd.

ENVIRONMENTAL SAFETY, ELECTRIC TRANSPORT, POLLUTION, LITHIUM-ION BATTERIES, PRODUCTION, UTILIZATION

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1 СФЕРА СУЧАСНИХ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ВИДІВ ТРАНСПОРТУ..	8
1.1. Тенденції у галузі альтернативних видів транспорту в світі та Україні.....	8
1.2. Вплив електричних видів транспорту на навколишнє середовище	10
1.3. Виробництво та утилізація літій-іонних акумуляторів.....	14
РОЗДІЛ 2 МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТУ НА ДОВКІЛЛЯ ТА ЗДОРОВ'Я ЛЮДИНИ.....	16
РОЗДІЛ 3 ВПЛИВ НА ДОВКІЛЛЯ ТА ЗДОРОВ'Я ЛЮДИНИ ПІД ЧАС ВИРОБНИЦТВА, ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТА УТИЛІЗАЦІЇ ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТУ.....	18
3.1. Екологічно спрямовані заходи виробників електромобілів.....	18
3.2. Вплив альтернативних видів транспорту на здоров'я.....	21
3.3. Результати розрахунку екологічного індивідуального ризику.....	24
3.4. Рекомендації щодо підвищення екологічної безпеки та ефективності на підприємстві з переробки акумуляторів.....	30
ВИСНОВКИ.....	32
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	34

ВСТУП

Використання альтернативних видів транспорту є актуальною темою як у світі, так і в Україні. Альтернативні види транспорту (електричного) можуть допомогти зменшити залежність від викопних видів палива, що при спалюванні спричиняють викиди шкідливих газів, тим самим сприяючи забрудненню довкілля. Використання електричних автомобілів, велосипедів, самокатів та громадського транспорту є ефективним способом зниження впливу на навколишнє середовище.

Мета дослідження. Визначення впливу альтернативних видів транспорту на навколишнє середовище та здоров'я людини.

Завдання дослідження:

1. Опрацювати наукову, науково - популярну літературу, довідкові видання щодо актуальності використання альтернативних видів транспорту в світі та Україні;
2. Проаналізувати вплив альтернативних видів транспорту на навколишнє середовище та здоров'я людини.
3. Розрахувати ризики для працівників підприємств з утилізації акумуляторів електромобілів.
4. Сформулювати висновки.

Об'єкт дослідження. Альтернативні види транспорту.

Предмет дослідження. Вплив альтернативних видів транспорту на навколишнє середовище та стан здоров'я людини.

Методи дослідження. аналіз літературних джерел; методи узагальнення, методи розрахунку екологічних ризиків, використання комп'ютерних програм для створення ілюстративних матеріалів роботи. Робота написана за матеріалами літературних джерел, довідкових видань, фондів матеріалів підприємств, планів перспективного розвитку і звітів автовиробників та особистих досліджень автора.

РОЗДІЛ 1

СФЕРА СУЧАСНИХ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ВИДІВ ТРАНСПОРТУ

1.1. Тенденції у галузі альтернативних видів транспорту в світі та Україні

Впровадження альтернативних видів транспорту має великий потенціал для зменшення залежності людства від викопних джерел енергії, що є важливим аспектом екологічної безпеки. Станом на сьогодні традиційний автотранспорт відповідає за значну частку забруднення повітря у місцях великої концентрації населення. З огляду на цю проблему, Європейський Союз встановив ціль скоротити використання автомобілів із традиційними видами палива в містах на половину до 2030 року та повністю відмовитися від них до 2050 року. Україна також працює над розповсюдженням використання альтернативних джерел енергії та палива в рамках Національної транспортної стратегії де зазначається, що до 2030 року передбачено досягти 50% використання альтернативних видів палива та електроенергії [1]. У 2023 році в Україні було зареєстровано близько 58 тис. електромобілів. Так, у травні 2023 року українці придбали 4 тис. нових та використаних електромобілів, що на 54 % більше, ніж у травні минулого року, і на 21% більше, ніж у квітні 2023-го. При цьому більш, ніж половину електромобілів (50,3%, або 1989 штук) було завезено з-за кордону таких, що були вже у використанні. Лідерами серед ввезених з-за кордону електромобілів в Україну виявились: Nissan Leaf - 402 шт., Volkswagen E-Golf - 272 шт., Tesla Model 3 – 156 шт., Renault Zoe - 131 шт. (рис.1.1) [2].

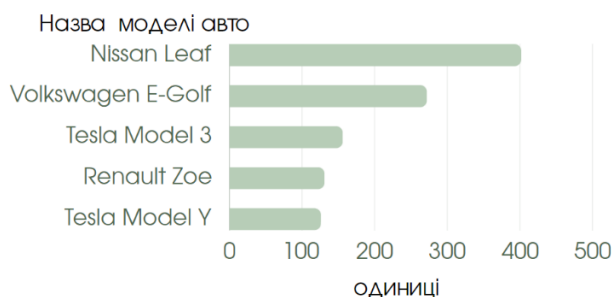


Рис. 1.1 Лідери серед ввезених з-за кордону вживаних електромобілів в Україну (травень, 2023 р.) [2]

Аналізуючи рис.1.1, можна дійти висновку, що Nissan Leaf значно випереджає моделі авто інших виробників, завдяки нижчій середній риночній вартості та більшому терміні існування на ринку автомобілів.

Інвестиції у відновлювані джерела енергії продовжують зростати щороку, особливо у провідних країнах світу, що свідчить про формування глобальних тенденцій у цьому напрямку та актуальність дослідження. У багатьох країнах, включаючи Україну, спостерігається загострення соціально-економічної ситуації через збільшення цін на товари і послуги, що зумовлено підвищенням вартості енергетичних ресурсів. Недостатність ресурсів та потреба у їх закупівлі за постійно зростаючими цінами можуть уповільнити економічний розвиток. Тому для забезпечення стабільного виробництва необхідно мати доступ до більш стійких джерел енергії [3]. Протягом останнього десятиріччя відновлювані джерела енергії відзначаються швидким та інтенсивним розвитком, перевищуючи прогнози щорічного зростання. Передбачається, що до 2030 року в усьому світі буде експлуатуватися приблизно 140 млн. електромобілів [4].

Розвиток ринку електромобілів відповідає сучасним викликам. У 2011 році лише 4 виробники (Nissan, Renault, Tesla, Mitsubishi) активно працювали над розвитком галузі електромобілів, але сьогодні в цей процес вже залучено понад 20 учасників, до яких відносяться навіть непрофільні компанії такі, як Google та Apple, що представили свої безпілотні електромобілі [5]. У своєму звіті 2023 року про сталий розвиток компанія Ford заявила про наміри електрифікувати лінійку автомобілів та переходити на альтернативні види палива. До кінця 2026 р. компанія планує досягти щорічного виробництва більше 2 млн електромобілів та з 2022 по 2026 р. інвестувати 50 млрд доларів у електромобілі [6]. Один з лідерів продаж автомобілів у світі Volkswagen Group розробив стратегію зменшення впливу на довкілля, яка включає налагодження сталого виробництва та має на меті скоротити викиди вуглекислого газу від нових легкових автомобілів на 100% до 2035 року, насамперед за рахунок збільшення кількості електромобілів [7].

В Україні зростає популярність нових засобів особистого транспорту, таких як електричні самокати, моноколеса, гіроскутери тощо, які у 2023 р. віднесли до

загальної транспортної системи країни. Аналіз Закону України «Про деякі питання використання транспортних засобів, оснащених електричними двигунами, та внесення змін до деяких законів України щодо подолання паливної залежності і розвитку електрзарядної інфраструктури та електричних транспортних засобів» від 2023 р., показав, що тепер користувачі електросамокату мають пересуватися за правилами руху велосипедів та нести відповідальність як водій транспортного засобу у разі аварії. Не дивлячись, на ряд невизначеностей щодо обмеження швидкості е-самокатів на тротуарі, цей крок вже дає можливості розвитку персональному електротранспорту, адже він не спричиняє заторів та має незначний вплив на довкілля під час експлуатації [8].

1.2. Вплив електричних видів транспорту на навколишнє середовище

Для роботи традиційного автотранспорту зазвичай встановлюються двигуни внутрішнього згоряння (ДВЗ) та застосовується нафтопохідне паливо. Тож традиційний автомобіль призводить до забруднення повітря небезпечними викидами сполук вуглецю та оксидів азоту; засолення і забруднення нафтопродуктами, органічними мастилами, розчинниками ґрунтів та вод; порушення ґрунтового покриву, забруднення придорожніх смуг; негативного впливу на здоров'я людини - ризик онкологічних захворювань та захворювань органів дихання. І тому сьогодні стає найбільш поширеним альтернативний вид транспорту - це електротранспорт, що приводиться в рух завдяки електродвигуну, який отримує енергію від акумуляторних батарей, а не від ДВЗ. Це зумовлює головні переваги електричних транспортних засобів: значно менший вплив на довкілля, високий коефіцієнт корисної дії, мала вага двигуна, довговічність, відсутність паливної системи, масла, свічок та інших деталей, що ускладнюють експлуатацію транспортного засобу; економічність; відсутність шумового забруднення [9]. Однак можна відмітити недоліки електромобілів, які включають: складний та фінансово затратний процес утилізації акумуляторів, значні витрати на їх виробництво, обмежений запас ходу та тривалий час зарядки батареї.

Більш детально можна розглянути вплив альтернативних видів транспорту на навколишнє середовище на прикладі сучасних електросамокатів, які сьогодні активно пропонують як торгівельні мережі, так і велика кількість приватних фірм у якості прокатної послуги для спільного використання у містах.

Етап виробництва е-самокатів. Найбільший вплив на навколишнє середовище е-самокатів під час виробництва. З огляду на те, що е-самокат проїжджає меншу відстань у кілометрах за свій термін служби, ніж електромобіль (відповідно потребує менше електроенергії), тож не можливо компенсувати вплив його виробництва на довкілля за рахунок використання (рис. 1.2).

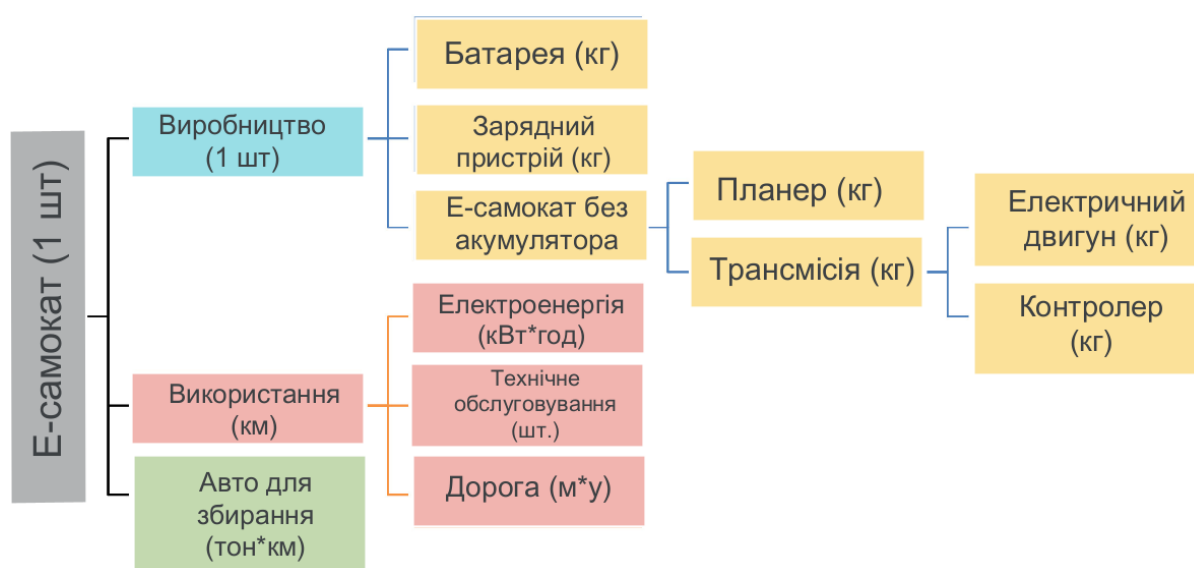


Рис.1.2 Процес виробництва, використання та збирання електросамоката [10].

Рисунок 1.2 демонструє, що значний вплив на довкілля відбувається в ході виробництва батареї, зарядного пристрою самокату та під час заряджання е-самокату.

Виробництво алюмінієвих рам, які використовуються у конструкціях електросамокатів, вимагає використання значних природних ресурсів, великих затрат енергії, які зазвичай забезпечуються за рахунок використання паливних ресурсів – вугілля, нафти або газу. Також, цей процес супроводжується викидами

небезпечних сполук (фториди, сульфіді, оксиди), які істотно забруднюють приземні шари атмосфери, впливають на кислотність опадів, а також можуть призводити до захворювання дихальних шляхів у людей. Утворення пилу під час виробництва також є проблемою, що потребує застосування очисного фільтруючого обладнання.

Викиди на підприємствах алюмінієвої промисловості містять токсичні пиловидні речовини, миш'як, свинець та ін. Під час виробництва металевого алюмінію відбувається виділення анодних газів, що містять пил, глинозем та кріоліт. На жаль, під час отримання алюмінію за умовами виробництва неможливо повністю виключити надходження у поверхневий стік специфічних домішок з токсичними властивостями. Також на території заводів з виробництва алюмінію накопичується досить багато промислових відходів, а саме червоних шламів. Вони зберігаються у спеціальних шламонакопичувачах, що висихають на поверхні, в кінцевому випадку пил розноситься вітром по прилеглих територіях. Відходи також інфільтруються у ґрунт та потрапляють у ґрунтові води. Крім того, зазвичай заводи алюмінієвої промисловості розміщуються в районах великих ГЕС або у вузлах потужних теплових станцій, адже виробництво цього металу потребує великих витрат електроенергії [11].

На *етапі експлуатації* ефективність електричних транспортних засобів може проявлятися в екстремальних умовах експлуатації (нерівне дорожнє покриття і тротуари) та при неврегульованих умовах пересування міським вулицями.

Серед основних особливостей, наприклад, тимчасового орендного використання цих транспортних засобів можна відзначити:

- е-самокат можна отримати у певних місцях розташування парковки у різних локаціях міста завдяки наявності цифрових технологій реєстрації і орендної оплати, після використання залишити можливо таким же чином;
- для забезпечення безпеки користувачів проводиться швидке технічне обслуговування: тести, які гарантують, що конструкція електросамокатів перебуває в придатному до використання стані, перевірка гвинтів та гальм;

- механічна частина електросамокатів виходить з ладу першою, тому що вона надто крихка для використання в екстремальних умовах дорожнього покриття та зазнає необережного використання зі сторони водіїв;
- кожен день е-самокати збирає містом автобус прокатної компанії, що надає послуги оренди цих засобів пересування. Більшість операторів збирають лише ті самокати, у яких заряд батареї не перевищує 30%;
- збір електросамокатів здійснюється мікроавтобусами, які працюють з ДВЗ, на викопному паливі;
- більшість електросамокатів, які вже не придатні до експлуатації, розбираються, а їхні частини використовуються у якості запчастин для інших самокатів.

Також на етапі експлуатації екологічна ефективність залежить від ємності акумулятора та якості конструкції електросамоката, адже чим довше він тримає заряд і не ламається, тим рідше його забирають на обслуговування, тим менше енергії він потребує для підзарядки.

Етап утилізації електротранспортних засобів передбачає, що непридатні для використання електросамокати розбирають, а їхні деталі використовують для ремонту інших. Відсортовані відходи алюмінію, сталі, гуми та пластмаси (поліетилен та поліуретан) переробляють, спалюють або вивозять на звалище. Найкраща перспектива – більшість матеріалів придатна до переробки, а акумуляторна батарея та конструкція переробляються відповідно до їх складу, тобто батарея переробляється на 10%, а конструкція - на 83% (відсотки відповідають складу конструкції електросамоката з алюмінію, сталі, гуми та пластику) [12]. Наприклад, компанія "Bolt", яка пропонує послуги прокату електросамокатів в Україні, інформує споживачів, що дотримується високих екологічних стандартів (ISO 14001) та забезпечує переробку всіх своїх електросамокатів на 100%.

В результаті дослідження екологічності електросамокату, вченими з університету в м. Лісабон, Португалія, було виявлено, що найбільший вплив на довкілля відбувається на етапі видобутку матеріалів для конструкції та під час

виробництва, що відповідає приблизно 76% від загальних викидів, в свою чергу, використання е-самокатів відповідає за 23%. Однак залучення ефективних стратегій переробки вторинних матеріалів може до 50% зменшити викиди CO^2 [10]. Збільшення строку служби електросамокатів та заміна транспортних засобів, для збору та перерозподілу самокатів, з ДВЗ на електротранспорт також зменшить вплив цієї галузі на довкілля.

1.3. Виробництво та утилізація літій-іонних акумуляторів

Сучасні електромобілі вже ліквідують такі недосконалості, як низька максимальна швидкість, обмежений запас ходу та повільна зарядка акумулятора. Наприклад, електромобіль Tesla Model S Plaid розганяється до 96,5 км/год за 1,99 секунди, максимальна швидкість цього транспортного засобу досягає 322 кілометрів на годину, а його запас ходу становить 840 кілометрів. На станції Supercharger Tesla може зарядитися за 15 хвилин, що забезпечує близько 300 км запасу ходу. Літій-іонні акумулятори найбільш часто застосовуються для електротранспорту завдяки вдалому співвідношенню енергії до ваги, швидкості заряджання та терміну служби. Вони також зумовлюють зменшення ваги автомобіля, що збільшує дистанцію на одному заряді та робить його більш ефективним і полегшує процес керування ним. Важливою властивістю для літій-іонних батарей є кількість циклів заряду, тобто скільки разів батарею можна заряджати під час експлуатації. Сучасні літій-іонні акумулятори для електротранспорту зазвичай здатні витримати кілька тисяч циклів заряду, що дозволяє оцінити їх, як досить довговічні. У проведеному науковцями з Інституту Фарадея, дослідженні, було підраховано, що один мільйон електромобілів, проданих у 2017 році, наприкінці свого життєвого циклу залишать 250 тис. т токсичних відходів батарей. Багато з цих акумуляторів містять важкі метали, такі як Cd, Pb і Hg [9].

Необхідно також зазначити, що процес переробки акумуляторів може бути дорогим і технічно складним. Це призводить до того, що деяким компаніям він

стає нерентабельним, і багато батарей опиняються на звалищах. Спеціалізована переробка є найбільш екологічно обґрунтованою для вирішення проблеми дефіциту ресурсів, а також може стати економічно вигідною, адже у використаних батареях достатньо висока концентрація цінних металів, що містяться у катодах. На сьогоднішній день Китай є одним з найбільших споживачів літій-іонних батарей. У 2019 році загальна вага використаних літій-іонних акумуляторів у Китаї становила 355 тис. т, а до 2025 року ця цифра може зрости приблизно до 800 тис. т. Через два-три роки експлуатації кількість використаних батарей може сягнути 2-5 млрд. т. Однак, якщо ефективно вилучити метал, то можна отримати близько 600 т Со [9].

В результаті лабораторних досліджень у Сучжоуському інституті нанотехнологій та нанобіоніки, був створений новий метод прямої переробки літій-іонних акумуляторів, на основі хімічної релітіації. Він має потенціал бути більш екологічно та економічно ефективним, ніж попередні пірометалургійний та гідрометалургійний методи переробки металу, які використовуються в промисловості [4].

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТУ НА ДОВКІЛЛЯ ТА ЗДОРОВ'Я ЛЮДИНИ

Для визначення впливу електротранспорту на довкілля та здоров'я людини було проаналізовано 13 наукових літературних джерела, 5 науково-популярних та 4 довідкових видання.

За допомогою методик розрахунку екологічних ризиків [13] був визначений рівень небезпеки інгаляційного впливу важких металів на працівників підприємств з переробки акумуляторів. Базова схема оцінки ризику ґрунтується на чотирьох взаємопов'язаних етапах, а саме:

1. ідентифікація небезпеки;
2. оцінка експозиції;
3. характеристика небезпеки (оцінку залежності «доза-відповідь»);
4. характеристика ризику.

Під час етапу *ідентифікації небезпеки* відбувається відбір пріоритетних досліджуваних речовин, вивчення яких дасть змогу встановити рівні ризику для здоров'я людини та джерела його виникнення. Пріоритетність досліджуваних речовин була визначена на основі аналітичного огляду досліджень, проведених висококваліфікованими експертами з INRS Національного інституту досліджень та безпеки (м.Париж, Франція).

В результаті наступного етапу *оцінки експозиції* розраховується середня добова доза та індекс небезпеки для умов одночасного надходження кількох речовин одним і тим самим шляхом (наприклад, інгаляційним або пероральним) розраховується за формулою (формула 2.1):

$$LADD = (C \cdot CR \cdot EF \cdot ED) / (BW \cdot AT \cdot 365) \quad (2.1)$$

де LADD – надходження (або середня добова доза), мг/ (кг × д);

C - Концентрація речовини в повітрі робочого місця, мг/м³;

CR - Швидкість надходження повітря до організму, м³/д (20 м³/д);

EF - Частота впливу, днів/рік;

ED - Тривалість впливу, років (для канцерогенів 70 років);

BW - Маса тіла, кг; (70 кг)

AT - Період осереднення експозиції, років (для канцерогенів – 70 років);

365 – кількість днів на рік.

Характеристика небезпеки. Мета цього етапу полягає в узагальненні та аналізі даних про гігієнічні стандарти, безпечні рівні впливу (референтні дози та концентрації), критичні органи/системи та можливі шкідливі ефекти, які можуть виникнути під дією певної речовини або групи речовин. Канцерогенні ефекти, викликані дією генотоксичних канцерогенних факторів, можуть виникати при будь-яких дозах, здатних пошкодити генетичний матеріал. Для таких сполук не існує порогових рівнів. Для визначення канцерогенного ризику здійснюється розрахунок індивідуального ризику впливу концентрацій досліджуваних речовин. Індивідуальний канцерогенний ризик (CR) обчислюють за формулою:

$$CR = LADD \cdot SF \quad (2.2)$$

де LADD - середньодобова доза протягом життя, мг/(кг*день);

SF - фактор нахилу, $мг/(кг * день)^{-1}$

Сумарний канцерогенний ризик дії декількох хімічних елементів розраховують за формулою:

$$CR_A = \sum CR_i \quad (2.3)$$

де CR_A – сумарний канцерогенний ризик;

CR_i – канцерогенний ризик і-тої канцерогенної речовини.

РОЗДІЛ 3

ВПЛИВ НА ДОВКІЛЛЯ ТА ЗДОРОВ'Я ЛЮДИНИ ПІД ЧАС ВИРОБНИЦТВА ТА УТИЛІЗАЦІЇ ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТУ

3.1. Екологічно спрямовані заходи виробників електромобілів

Відомий німецький автовиробник – корпорація Volkswagen Group розробив заходи щодо досягнення екологічності своєї продукції, сталого розвитку та екобезпечної утилізації відпрацьованих транспортних засобів, що включають переробку акумуляторів, використання вторинної сировини та ініціативи циркулярної економіки. Їхні зусилля призвели до скорочення викидів парникових газів на 27,2% з 2018 року та подальшого зменшення впливу виробництва на навколишнє середовище на 45% у розрахунку на один автомобіль у порівнянні з рівнем 2010 року. Серед значних досягнень – економія 633 881 тон CO^2 за рахунок переробки алюмінію. Volkswagen працює над стратегією переробки акумуляторів разом з компанією Umicore. На своєму заводі в Зальцгіттері вони прагнуть досягти переробки понад 90% компонентів батареї, завдяки відновленню сировини, наприклад Li, Co, Cu, Ni, Fe, Al та інших хімічних елементів, що представлені на рис. 3.1 [7].

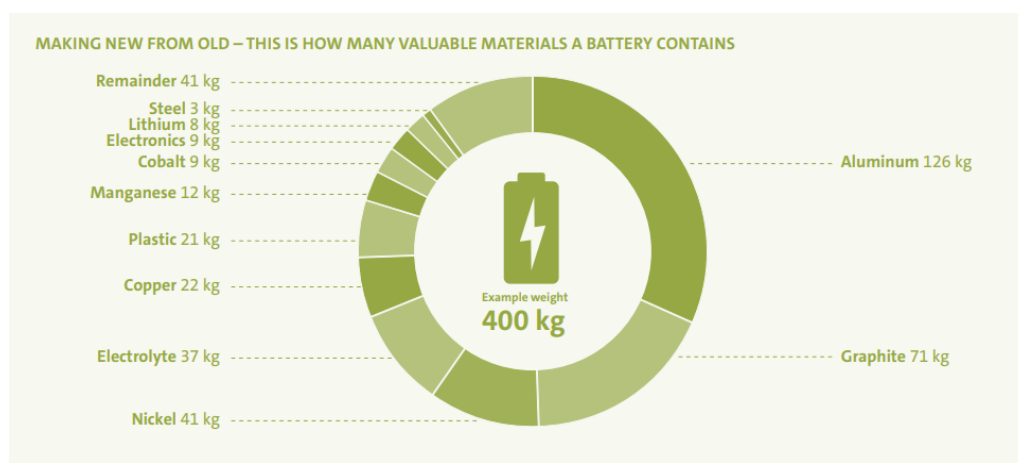


Рис. 3.1 Компоненти батарей, що можна вилучити і переробити [7]

На рис. 3.1 показано, що найбільше з батареї можна вилучити, використати повторно Al та C. Алюміній економічно вигідно повторно використовувати, адже він зовсім не втрачає своїх властивостей під час переробки.

Після закінчення терміну експлуатації акумулятори електромобілів оцінюють на предмет можливого відновлення для повторного використання або механічної переробки, що передбачає вилучення цінних металів для виробництва нових катодів. На початку 2021 року Volkswagen Group відкрила першу пілотну установку з переробки високовольтних автомобільних акумуляторів на заводі в Зальцгітері. Туди доставляються використані батареї, де вони розряджаються і розбираються. Окремі частини подрібнюються на гранули, а потім висушуються. Окрім Al, Cu та пластику, в результаті процесу отримують цінний «чорний порошок», що містить Li, Ni, Mn, Co і C, які є важливою сировиною для акумуляторів. Розділення та переробка окремих речовин за допомогою гідрометалургійних процесів - з використанням води та хімічних реагентів - згодом здійснюється спеціалізованими партнерами. Також компанія у своєму звіті 2022 р. [7] зазначила, що переробка коробок передач, замість виготовлення нових деталей, зменшує викиди парникових газів на 54% та енергетичні витрати на 52%.

Не менш важливим є питання якості матеріалів, що прикрашають салон авто, наприклад в інтер'єрі ID. Buzz тканина сидіння вироблена з ниток Seaqual®, що виготовляються з зібраного морського сміття (10 %) та перероблених пластикових пляшок (90 %), за підрахунками це зменшує викиди на 32% під час виробництва порівняно з традиційними матеріалами поверхні. Також поверхні обшивки стелі, підлоги та захисні вкладиші колісних арок також зроблені з переробленого пластику [14]. Volkswagen Group передбачила, що третина викидів CO^2 виникає під час виробництва батарей, тож зобов'язали усіх постачальників використовувати електроенергію з відновлюваних джерел у своїх виробничих процесах. На сьогоднішній день 62 виробничі об'єкти корпорації забезпечені зовнішнім електропостачанням зі 100% відновлюваних джерел енергії. З них 44 об'єкти знаходяться в межах ЄС, а 18 – за межами ЄС [7].

Компанія Tesla у своєму звіті [15] про вплив на навколишнє середовище зазначає, що при виробництві їх автомобілів витрачається менше водних ресурсів, ніж у Volkswagen Group, на виробництво Tesla йде $2,57 \text{ м}^3/\text{авто}$, в той час як у VW Group $3,75 \text{ м}^3/\text{авто}$. Tesla змогли досягти таких результатів завдяки повторному використанню конденсата, що утворюються на виробництві в Техасі (США), в якості технічної води. Також вони планують збирати 25% стоку дощової води з даху у центральну підземну систему зберігання, яка потім буде використовуватися для охолодження обладнання на виробництві. Компанія також намагається зменшити свою залежність від первинних матеріалів та розвивати програми переробки. Вони запевняють, що ні один з акумуляторів Tesla не потрапляє на смітник, адже для ста відсотків виробничих відходів, що генеруються на всіх виробничих підприємствах, встановлене обладнання для переробки. У 2021 році Tesla відновила 1,500 т Ni, 200 т Co та 300 т Cu. У 2022 році ці показники зросли до 2,300 т Ni, 300 т Co, 900 т Cu, і також включили 300 мт Li. Крім того, була розроблена система зворотної логістики для відновлення акумуляторів з проданих товарів (рис. 3.2) [15].

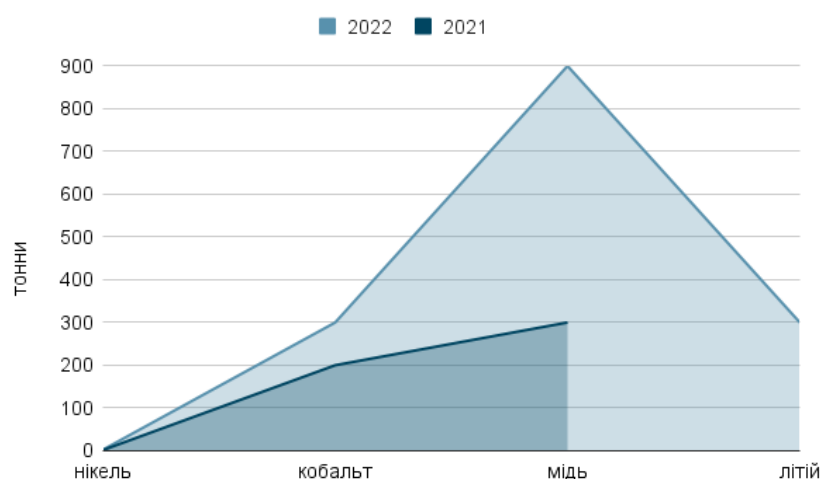


Рис. 3.2 Порівняння кількості відновлених металів з акумуляторів Tesla (2021 -2022 рр.) [15]

На рис.3.2 можна побачити різницю між кількістю відновлених металів у 2021 та 2022 роках. Кількість відновленої Cu міді зросла більше, ніж в 2 рази, а також почали відновлювати Li літій, який ще у 2021 році не підлягав переробці на підприємстві.

Один з провідних гравців на ринку електромобілів компанія Nissan у своєму щорічному звіті [16]. про сталий розвиток заявила про головну екологічно спрямовану мету: «Ми будемо керувати впливом на навколишнє середовище, спричиненим нашою діяльністю та продукцією, до рівня, який може бути прийнятним для природи, і передавати багатий природний потенціал майбутнім поколінням». У січні 2021 року автовиробник встановив ціль досягнення вуглецевої нейтральності на всіх етапах діяльності компанії та життєвого циклу її продуктів до 2050 року. Задля досягнення цієї мети, до початку 2030-х років кожен новий автомобіль цієї марки, який пропонується на ринках, буде електрифікований. Nissan використовує три підходи до сприяння впровадженню та інтеграції відновлюваних джерел енергії: виробництво власної енергії на об'єктах компанії; отримання енергії з більшою часткою відновлюваних джерел; і надання в оренду землі, споруд та інших активів енергетичним компаніям. Як приклад, на заводі у Сандерленді у Великій Британії встановлено 10 вітрових турбін потужністю до 6,6 МВт та сонячна електростанція потужністю 4,75 МВт. На заводі Huadu компанії у Китаї сонячні панелі загальною потужністю 30 МВт експлуатуються з 2017 року, забезпечуючи приблизно 8% електроенергії, що використовується під час виробництва. Завод у Мексиці активно використовує енергію, вироблену з газу з біомаси та вітрової енергії, і досягнув рівня використання відновлюваної енергії 50% у 2021 році [16].

3.2 Вплив альтернативних видів транспорту на здоров'я людини

У 2023 році людей стали непокоїти новини про збільшення випадків загоряння персонального електротранспорту, що підтверджує статистика Лондонської пожежної бригади (LFB) (рис.3.3). На рис.3.3 можна відстежити

тенденцію щодо зростання кількості випадків загоряння електросамокатів та електровелосипедів. У 2022 році їх кількість зросла майже у 15 разів, в порівнянні з 2019 роком [17]. У 2023 р. в середньому бригада LFB виїжджала на випадки пожежі електровелосипедів та електросамокатів на 60% частіше ніж у 2022 р.

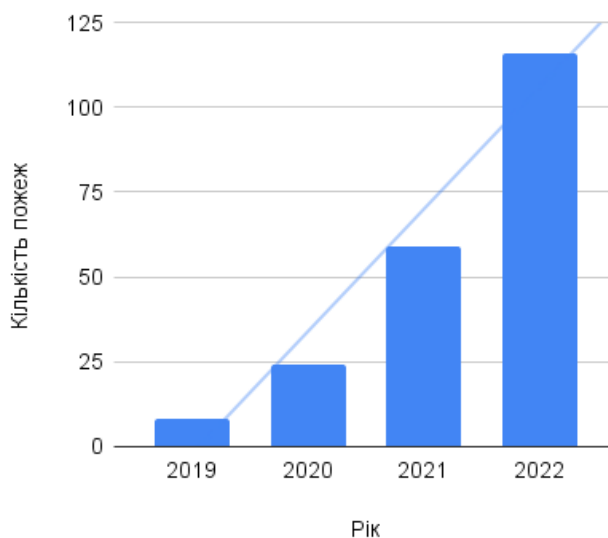


Рис. 3.3 Статистика пожеж спричинених електросамокатами та електровелосипедами (2019-2022рр.) [17]

Надана статистика може бути пов'язана зі збільшенням кількості такого виду електротранспорту та з пристроями, що мають неякісну конструкцію, компоненти та зарядне обладнання. З січня до березня 2023 року від пожежі від літій-іонних акумуляторів, що використовуються для живлення цих засобів пересування, загинуло 4 людини у Великій Британії, інших госпіталізували. Небезпеку становлять неякісні літій-іонні акумулятори, що перегріваються та можуть спалахнути [17]. Однак, у травні 2023 року Шведське агентство з надзвичайних ситуацій опублікувало звіт, згідно з яким ймовірність загоряння автомобілів з ДВЗ у двадцять разів вища, ніж у електромобілів у Швеції. Дослідники з Auto Insurance EZ зібрали дані Бюро транспортної статистики та Національної ради з безпеки транспорту, які показали, що гібридні транспортні засоби мають найбільшу кількість пожеж на 100 000 продажів – 3474,5, за ними йдуть 1529,9 пожеж на 100 000 для автомобілів з ДВЗ і лише 25,1 пожеж на

100 000 продажів для електромобілів. Хоча пошкодження акумулятора може викликати ланцюгову реакцію самозаймання, рівень небезпеки електроліту є нижчим, ніж у випадку бензину або дизельного палива, а також набагато нижчим, ніж у випадку водневого палива, яке використовується у гібридних моделях [18]. Найбільш частими причинами виникнення пожеж у електротранспорті є аварії та зіткнення, які можуть призвести до пошкодження акумулятора і викликати його перегрів, відомий як «тепловий розгін», що може мати катастрофічні наслідки.

Наслідки короткого замикання в електричних транспортних засобах можуть бути серйозними у випадках, коли відбувається витік охолоджуючої рідини з акумулятора або коли вода потрапляє до електромережі автомобіля. Пожежа у літій-іонному акумуляторі, як правило, не виникає миттєво, дозволяючи водієві та пасажиром вийти з транспортного засобу, але щоб потушити пожежу потрібно докласти чимало зусиль через високу температуру та ризик ураження струмом. На відміну від пожеж у транспорті з двигунами внутрішнього згоряння, порошковий та газовий вогнегасники не є ефективними, а ризик «електричних дуг» під час гасіння може призвести до катастрофічних наслідків. Важливим етапом під час усунення пожежі є відключення високовольтного кабелю, але цей процес може зайняти значний час і потребує великої кількості рідини обережного застосування через іскри та ризики ураження струмом [19].

Закон України «Про деякі питання використання транспортних засобів, оснащених електричними двигунами, та внесення змін до деяких законів України щодо подолання паливної залежності і розвитку електрозарядної інфраструктури та електричних транспортних засобів" від 2023 р. визначає е-самокати як «легкий персональний транспорт», який має не менше двох коліс і здатний розігнатися до 25 км/год. Водіям електросамокатів заборонили пересуватися по тротуарах та зобов'язали використовувати світловідбиваючі елементи і шолом, рухатися слід якомога ближче до правого краю проїзної частини та не можна керувати електротранспортом у стані алкогольного або наркотичного сп'яніння. У найближчий час Верховна Рада планує змінити низку законів, щоб можна було накладати адміністративні штрафи за порушення правил дорожнього руху при

використанні легкого електричного транспорту. Деякі міста розробили власні правила користування самокатами після консультацій з компаніями, які надають послуги прокату. Наприклад, усі компанії, що надають послуги з прокату електросамокатів в Києві, забезпечили програмне обмеження максимальної швидкості до 20 км/год, а чотири оператори ввели зони обмеження швидкості до 14 км/год та зони повної заборони руху [20].

Україна має надзвичайно високий рівень смертності та травматизму на дорогах порівняно з іншими європейськими країнами. Рівень організації безпеки дорожнього руху залишається низьким, про що свідчать звіти експертів ВООЗ, Світового банку та інших міжнародних організацій. За оцінками Світового банку, річні втрати від дорожньо-транспортних пригод в Україні становлять близько 4-5 мільярдів доларів США. Наприкінці 2016 року на українських дорогах загинуло майже 3,4 тисячі людей, а 33,6 тисячі отримали травми [1]. За квітень, червень та липень 2022 року у Львові сталось 27 ДТП за участю е-самокатів [21].

Використання громадського транспорту та неконвенційних транспортних засобів, таких як велосипеди та самокати, має ряд **переваг**. Це сприяє зменшенню кількості автомобілів на дорогах, трафіку і заторів, а також знижує рівень забруднення повітря, що в свою чергу позитивно впливає на здоров'я населення та якість життя суспільства. Крім того, використання велосипедів та самокатів як засобів пересування є економічно вигідними та енергоефективними варіантами, оскільки не потребують споживання палива та мають низькі експлуатаційні витрати. Такий підхід сприяє створенню більш сталого та екологічно безпечного транспортного середовища.

3.3. Результати розрахунку екологічного індивідуального ризику

До основних етапів переробки акумуляторів відноситься: демонтаж, власне процес переробки (пірометалургійний, гідрометалургійний методи та дистиляція) та сортування вилучених елементів. Під час кожного з цих етапів відбувається інгаляційний вплив важких металів на працівників, що може призвести до

канцерогенних ефектів. Група вчених з INRS Національного інституту досліджень та безпеки (м. Париж, Франція); зібрали зразки повітря на підприємстві з переробки автомобільних акумуляторів в зонах, де знаходяться працівники під час роботи, за допомогою пробовідбірника Gilian 5000. Наступним етапом вони провели хімічний аналіз зразків повітря за допомогою методу емісійного спектрального аналізу. В результаті дослідники отримали медіанні значення концентрації елементів у повітрі (мг/м^3) з урахуванням поправки на застосування респіраторних масок [22]. Опубліковані результати надали можливість виконати розрахунки.

Для виконання розрахунків екологічного ризику були обрані концентрації металів, які містились у зразках повітря, що мають канцерогенний потенціал відповідно до Наказу МОЗ України від 18.10.2023 № 1811 «Про затвердження Методичних рекомендацій «Оцінка канцерогенного та неканцерогенного ризику для здоров'я населення від хімічного забруднення атмосферного повітря»» [13], а саме Cd, Co, Ni, Pb (таблиця 3.1). Тож був розрахований індивідуальний канцерогенний ризик для середньостатистичного працівника підприємства з переробки акумуляторів.

Таблиця 3.1

Концентрація металів в повітрі робочих місць з урахуванням поправки на застосування респіраторних масок [22]

Метал	$C_{\text{демонтаж}}$ (мг/м^3)	$C_{\text{переробка}}$ (М г/ м^3)	$C_{\text{сортування}}$ (мг/м^3)
Cd	0,00048	0,00297	0,00003
Co	0,00004	0,00012	0,00083
Ni	0,00028	0,00103	0,00034
Pb	0,00003	0,00031	0,00052

Наступним кроком оцінки ризику є визначення середньодобової дози (LADD) за інгаляційного впливу речовини (формула 2.1). Значення, що використовуються під час розрахунку представлені у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2

Дані для розрахунку середньодобової дози

CR (швидкість надходження повітря до організму)	20 м ³ /д
EF (частота впливу, днів/рік)	264
ED (тривалість впливу, років)	70
BW (маса тіла)	70 кг
AT (період осереднення експозиції)	70 років

Результати розрахунків LADD на різних етапах процесу переробки акумуляторів зазначені у таблиці 3.3.

Таблиця 3.3

Середня добова доза металу, що може надходити до організму працівника протягом життя

Середня добова доза	Cd	Co	Ni	Pb
<i>LADD</i> _{демонтаж}	$9,92 \times 10^{-5}$	$8,27 \times 10^{-6}$	$5,79 \times 10^{-5}$	$6,20 \times 10^{-6}$
<i>LADD</i> _{переробка}	$6,14 \times 10^{-4}$	$2,48 \times 10^{-5}$	$2,13 \times 10^{-4}$	$6,41 \times 10^{-5}$
<i>LADD</i> _{сортування}	$6,20 \times 10^{-6}$	$1,72 \times 10^{-4}$	$7,03 \times 10^{-5}$	$1,07 \times 10^{-4}$

Таблиця 3.3 демонструє, що найбільші середні добові дози металів

отримують працівники на етапі переробки, особливо великі дози Cd (кадмію), так само цей метал є основним забруднювачем у робочому приміщенні - цеху демонтажу. Під час сортування вилучених металів найбільше робітники знаходяться під інгаляційним впливом Co (кобальту).

На наступному етапі дослідження необхідно розрахувати індивідуальний канцерогенний ризик при інгаляційному впливі важких металів (формула 2.2, таблиця 3.5). Значення фактору канцерогенного потенціалу сполуки (SF), $мг/(кг * день)^{-1}$ зазначені у додатку 2 до Наказу МОЗ України від 18.10.2023 № 1811 [13] та наведені у таблиці 3.4.

Таблиця 3.4

Значення фактору канцерогенного потенціалу важких металів [13]

Метал	SF $мг/(кг * день)^{-1}$
Cd	6,3
Co	9,8
Ni	0,91
Pb	0,042

Таблиця 3.5

Значення індивідуального канцерогенного ризику при інгаляційному впливі важких металів на різних етапах переробки

	Cd	Co	Ni	Pb
$CR_{\text{демонтаж}}$	$6,25 \times 10^{-4}$	$8,10 \times 10^{-5}$	$5,27 \times 10^{-5}$	$2,60 \times 10^{-7}$
$CR_{\text{переробка}}$	$3,87 \times 10^{-3}$	$2,43 \times 10^{-4}$	$1,94 \times 10^{-4}$	$2,69 \times 10^{-6}$
$CR_{\text{сортування}}$	$3,91 \times 10^{-5}$	$1,68 \times 10^{-3}$	$6,39 \times 10^{-5}$	$4,51 \times 10^{-6}$

Таблиця демонструє, що рівень індивідуального канцерогенного ризику при інгаляційному впливі свинця на виробництві - мінімальний (рис. 3.6). Рівень індивідуального канцерогенного ризику нікелю на всіх - низький, а кобальт має найбільший рівень ризику на етапі сортування, тобто середній (допустимий у виробничих умовах), кадмій має також середній рівень ризику на етапі переробки.

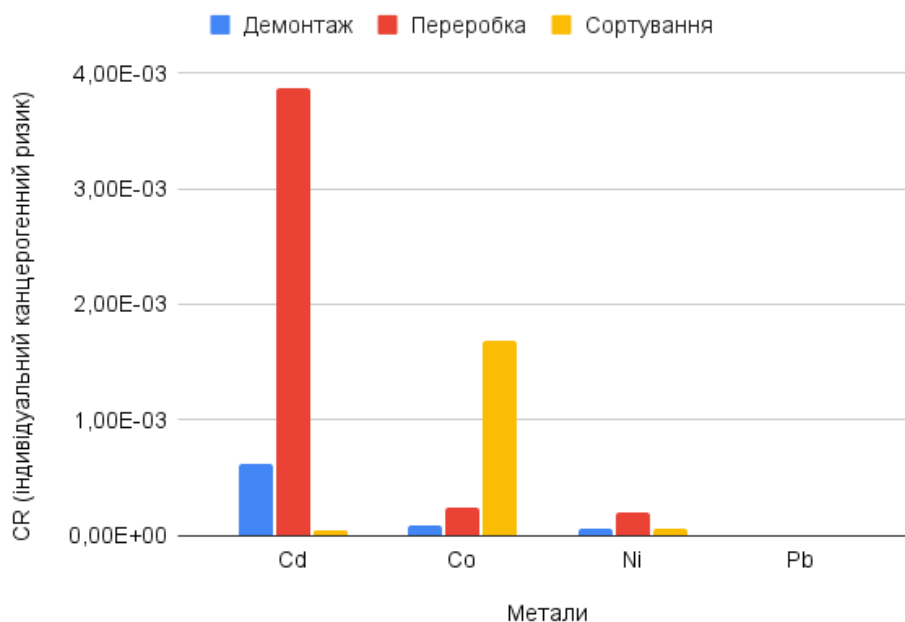


Рис. 3.4 Індивідуальний канцерогенний ризик важких металів, що потрапляють інгаляційним шляхом в організм працівника

На рис. 3.4 відображена концентрація Cd, що на етапі демонтажу та переробки має більший індивідуальний канцерогенний ризик за інші метали. Цей елемент є небезпечним, адже він потрапляє інгаляційним шляхом до організму, потім абсорбується в кров. Також кадмій має дуже довгий біологічний період напіврозпаду в організмі людини - 10-30 років, тож його хронічний вплив може призвести до біоаккумуляції металу в нирках (рак нирок), печінці, трубчастих кістках, підшлунковій залозі, селезінці, що порушує метаболічні процеси та фізіологічні функції, а також він більше накопичується в організмі жінок [23]. Концентрація Co у повітрі цеху сортування також має більший індивідуальний

канцерогенний ризик, ніж інші важкі метали на діаграмі, та може призвести до раку крові.

На останньому етапі було розраховано сумарний канцерогенний ризик впливу декількох хімічних елементів одночасно (формула 2.3) На рис 3.5 зображений рівень індивідуального сумарного ризику канцерогенних захворювань для працівників підприємства з переробки акумуляторів у Франції, на всіх етапах переробки він середній (таблиця 3.6).

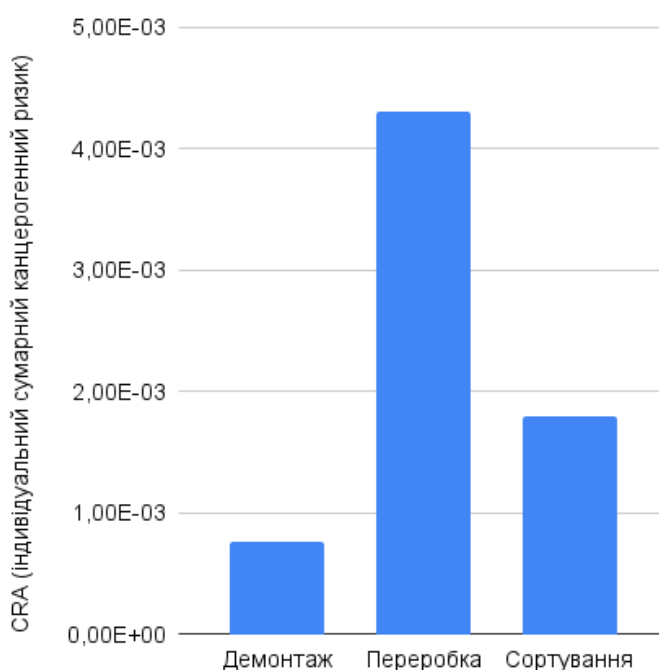


Рис. 3.5 Індивідуальний сумарний канцерогенний ризик на різних етапах переробки акумуляторів електромобіля

Цей рівень підходить для виробничих умов, але вимагає динамічного контролю та детального вивчення джерел викидів і можливих негативних наслідків для визначення заходів, необхідних для зменшення рівня впливу канцерогенів. Також на діаграмі, що найбільший індивідуальний канцерогенний ризик у працівників цеху переробки, адже ця група працює найближче до печей або резервуарів з хімікатами, керуючи пірометалургійними, гідрометалургійними процесами та дистиляцією.

Таблиця 3.6

Класифікація рівнів канцерогенного ризику [13]

Ризик протягом життя	Рівень ризику
$> 10^{-3}$	Високий – не прийнятний для виробничих умов і населення. Необхідне здійснення заходів з усунення або зниження ризику
$10^{-3} - 10^{-4}$	Середній – прийнятний для виробничих умов, але неприйнятний для населення; потребує динамічного контролю і поглибленого вивчення джерел викиду і можливих наслідків шкідливої дії для вирішення питання про заходи з його зниження
$10^{-4} - 10^{-6}$	Низький – допустимий ризик (рівень, на якому, як правило, встановлюються гігієнічні нормативи для населення)
$< 10^{-6}$	Мінімальний – бажана (цільова) величина ризику при проведенні оздоровчих і природоохоронних заходів

Результати розрахунків екологічних ризиків показали, що не дивлячись на застосування респіраторних масок, виявлено наявність **середнього** канцерогенного впливу на здоров'я працівників на всіх етапах переробки.

3.4. Рекомендації щодо підвищення екологічної безпеки та ефективності на підприємстві з переробки акумуляторів

Задля збільшення ефективності та безпеки процесу переробки акумуляторів електромобілів, обов'язково в приміщенні повинна бути система вентиляції, яка забезпечує достатній обмін повітря, щоб зменшити концентрацію шкідливих речовин у приміщенні та регулярний контроль якості повітря на робочому місці для виявлення небезпечних рівнів токсинів (рис. 3.7).

Необхідно також здійснювати контроль за станом здоров'я працівників, проводячи регулярні медичні обстеження щодо ризику біоаккумуляція важких металів в організмі. Душові на подібних підприємстві є важливою складовою заходів з гігієни та безпеки, особливо на виробництвах, де працівники можуть зазнавати впливу шкідливих речовин або пилу. Це допомагає змити шкідливі речовини з тіла та запобігти їх розповсюдженню на домашній одяг чи транспорт.

Також, кваліфіковані працівники повинні вивчити інструкції з інформацією про дотримання екологічних норм і пройти відповідну підготовку з екологічно безпечного поводження з акумуляторами з урахуванням потенційних ризиків і заходів реагування у надзвичайних ситуаціях.

На етапі демонтажу можна запропонувати залучити штучний інтелект, що використовуватиме вхідні параметри, такі як форма, розмір, струм, напруга та внутрішній опір, для визначення та класифікації різних матеріалів катодів. Впровадження гібридної системи праці людини та машини, де роботи виконують повторювані та прості завдання, може бути більш економічно вигідним та зменшить обсяг роботи з небезпечними матеріалами для людини.



Рис. 3.7 Рекомендації щодо підвищення екологічної безпеки та ефективності на підприємстві з переробки акумуляторів

ВИСНОВКИ

1. Впровадження альтернативних видів транспорту має потенціал зменшити залежність людства від викопних джерел енергії, що є важливим аспектом екологічної безпеки. Сьогодні в цей процес вже залучено понад 20 учасників. В Україні до 2030 року передбачено досягти 50% використання альтернативних видів палива та електроенергії, вже у 2023 р. в країні було зареєстровано близько 58 тис. електромобілів. Також цього року електричні самокати віднесли до загальної транспортної системи України.

2. Під час дослідження були використані методи аналізу літературних джерел, довідкових видань, фондових матеріалів підприємств, планів перспективного розвитку і звітів автовиробників. Також у роботі застосовувались методи узагальнення, розрахунку екологічних ризиків, використання комп'ютерних програм для створення ілюстративних матеріалів роботи.

3. Лідери продаж електромобілів у світі (Tesla, Volkswagen, Nissan) залучають сталі стратегії розвитку цієї галузі задля зменшення впливу на довкілля. Переробка акумуляторів, використання вторинної сировини та циркулярна економіка, націлені на зменшення відходів та збереження ресурсів. На жаль, у акумуляторах електротранспорту містяться важкі метали, такі як Cd, Pb і Hg. Один мільйон електромобілів, проданих у 2017 р., залишить 250 тис.т токсичних відходів батарей, які необхідно переробити та утилізувати. Найбільший вплив на довкілля галузі електросамокатів відбувається під час виробництва. Е-самокат проїжджає меншу відстань за свій термін служби, ніж електромобіль, тож практично не можливо компенсувати вплив його виробництва на навколишнє середовище за рахунок використання.

4. Небезпеку для здоров'я становлять неякісні літій-іонні акумулятори, що перегріваються та можуть спалахнути. Гібридні транспортні засоби мають найбільшу кількість пожеж на 100 000 продажів - 3474,5, потім авто з ДЗВ - 1529,9 пожеж та 25,1 пожеж для електромобілів. Електросамокати потенційно небезпечні для водіїв та пішоходів під час експлуатації, з квітня по липень 2022 р. у Львові

сталось 27 ДТП за їх участю. У 2022 р. в Україні водіям електричних самокатів заборонили пересуватися по тротуарах та зобов'язали використовувати світловідбиваючі елементи і шолом, та заборонили керувати електротранспортом у стані алкогольного або наркотичного сп'яніння.

5. Розрахований рівень індивідуального сумарного ризику канцерогенних захворювань для працівників підприємства з переробки акумуляторів у Франції, на всіх етапах переробки – середній, тобто такий, що підходить для виробничих умов, але вимагає динамічного контролю та детального вивчення джерел викидів і можливих негативних наслідків. Найбільший індивідуальний канцерогенний ризик у працівників цеху переробки, адже ця група працює найближче до печей або резервуарів з хімікатами. З усіх важких металів, що містяться в повітрі на підприємстві з переробки акумуляторів Cd має найбільший індивідуальний канцерогенний ризик. Цей елемент є небезпечним, адже його хронічний вплив може призвести до біоаккумуляції металу в нирках (рак нирок), печінці, трубчастих кістках, селезінці.

6. Запропоновані рекомендації щодо підвищення екологічної безпеки та ефективності на підприємстві з переробки акумуляторів: система вентиляції та щоденний контроль якості повітря робочого приміщення, регулярні медичні обстеження щодо ризику біоаккумуляції важких металів в організмі, душеві для працівників, застосування захисного одягу для персоналу, відповідна кваліфікація працівника щодо правильного поводження з токсичними речовинами та впровадження гібридної системи праці людини та штучного інтелекту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ЛІТЕРАТУРИ

1. Про схвалення Національної транспортної стратегії України на період до 2030 року: Розпорядження Кабінету Міністрів України від 30 травня 2018 р. № 430-р Київ URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/430-2018-%D1%80#Text>.
2. У травні зареєстрували найбільшу кількість електромобілів за останні 10 років. Інститут досліджень авторинку. 2023. URL: <https://eauto.org.ua/news/336-u-travni-zareyestruvali-naybilshu-kilkist-elektromobiliv-za-ostanni-10-rokiv-yaki-modeli-kupuvali> (дата звернення: 11.04.2024).
3. Касич А. О. Чинники розвитку альтернативної енергетики у сучасних умовах. *Економіка та суспільство*. 2017. Вип. 12. С. 93-99. URL: <https://er.knutd.edu.ua/handle/123456789/8996>
4. Gaolei W., Liu Y. & Jiao B. Direct recycling of spent Li-ion batteries: Challenges and opportunities toward practical applications. *iScience*, 2023. 26(9). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.isci.2023.107676>
5. Глущенко, Я. І., Грома, Я. В. Екологічний транспорт: сутність поняття та особливості розвитку в умовах глобалізації. *Східна Європа: економіка, бізнес та управління*, 2019. 3(20), С. 25-29. URL: <http://srd.pgasa.dp.ua:8080/xmlui/handle/123456789/2174>
6. Ford Motor Company. Integrated Sustainability and Financial Report. 2023. URL: <https://corporate.ford.com/content/dam/corporate/us/en-us/documents/reports/2023-integrated-sustainability-and-financial-report.pdf>
7. Volkswagen group. Sustainability Report. 2022 URL: <https://www.volkswagen-group.com/en/publications/more/group-sustainability-report-2022-1644>
8. Цигилик Ю. Організаційно-правовий механізм удосконалення безпеки дорожнього руху шляхом включення персонального електричного транспорту до єдиної транспортної системи України. *Krakowskie Studia Małopolskie*. 2021. URL:

https://integro.pbw.waw.pl/ici/recorddetail?id=oai%3Abibliotekanauki.pl%3A1930520&_lang=en

9. Сяодун С., Іщенко В. А. Поводження з використаними літій-іонними батареями в Китаї. Вісник Вінницького національного технічного університету. Вінниця, 2023. Вип. 2. С. 21–27
10. Reis A., F. Baptista, P., & Moura, F. How to promote the environmental sustainability of shared e-scooters: A life-cycle analysis based on a case study from Lisbon, Portugal. *Journal of Urban Mobility*, 2023. №3. 100044. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.urbmob.2022.100044>
11. Ничик О. В., Салавор О. М. Техноекологія: Курс лекцій для студ. напрямку 6.040106 «Екологія, охорона навколишнього, середовища та збалансоване природокористування» ден. та заоч. форм навч. Київ: НУХТ, 2015. 41 с.
12. Транспортна екологія: *навч. посіб.* / О. І. Запорожець, С. В. Бойченко, О. Л. Матвеева, С. Й. Шаманський, Т. І. Дмитруха, С. М. Маджд; за заг. редакцією С. В. Бойченка.. Київ: НАУ, 2017. 507 с.
13. Про затвердження Методичних рекомендацій «Оцінка канцерогенного та неканцерогенного ризику для здоров'я населення від хімічного забруднення атмосферного повітря»: Наказ МОЗ України від 18.10.2023 (№ 1811) URL: <https://moz.gov.ua/article/ministry-mandates/nakaz-moz-ukraini-vid-18102023--1811-pro-zatverdzhennja-metodichnih-rekomendacij-ocinka-kancerogenogo-ta-nekancerogenogo-riziku-dlja-zdorov%e2%80%99ja-naselennja-vid-himichnogo-zabrudnennja-atmosfernogo-povitrja>
14. Volkswagen makes the interior of the ID. models even more sustainable. Volkswagen group. URL: <https://www.volkswagen-newsroom.com/en/press-releases/volkswagen-makes-the-interior-of-the-id-models-even-more-sustainable-15486?node=38837> (дата звернення: 23.02.2024).
15. Impact Report. Tesla. 2022 URL: https://www.tesla.com/ns_videos/2022-tesla-impact-report.pdf
16. Sustainability Report 2022. Nissan motor corporations. 2022 URL: <https://www.nissan->

global.com/EN/SUSTAINABILITY/LIBRARY/SR/2022/ASSETS/PDF/SR22_E_All.pdf

17. Electric Vehicles. Bedfordshire Fire and Rescue Authority URL: <https://www.bedsfire.gov.uk/safety/electric-vehicles> (дата звернення: 02.03.2024).
18. Justin Wright. Gas vs. Electric Car Fires. URL: <https://www.autoinsurancееz.com/gas-vs-electric-car-fires/> (дата звернення: 02.03.2024).
19. Fifth International Conference on Fires in Vehicles, October 3-4, 2018, Borås, Sweden, 2018. 72 p. URL: <https://ri.diva-portal.org/smash/get/diva2:1412168/FULLTEXT01.pdf>
20. Прищепя Я. У Києві обмежили максимальну швидкість електросамокатів. Які нові правила. 13.07.2021 URL: <https://suspilne.media/kyiv/147055-u-kievi-obmezili-maksimalnu-svidkist-elektrosamokativ-aki-novi-pravila/> (дата звернення: 02.03.2024).
21. Публікація патрульної поліції Львівської області. 21.07.2022. URL: <https://www.facebook.com/lvivpolice/posts/pfbid02AuKSr4pZ5yUUw4PUN2SgJsw6ZbCuanMDrxoZiHbL5bTWeT1TeJTrYcn94PsGzHBU1> (дата звернення: 07.04.2024).
22. Ogier Hanser, Mathieu Melczer, Aurélie Martin Remy, Sophie Ndaw. Occupational exposure to metals among battery recyclers in France: Biomonitoring and external dose measurements. Waste Management. 2022. Vol. 150. P. 122-130.
23. Омері І. Д. Фізіологічні аспекти дії кобальту та кадмію на здоров'я людини. Культура безпеки, екології та здоров'я. 2010. 3. Р. 39-41. URL: https://elibrary.kubg.edu.ua/id/eprint/1602/1/I_Omeri_FDKTKNZL_IPSP.pdf