

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет технологій і дизайну
Кафедра хімії та хімічної інженерії

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Аналіз та розробка інженерних рішень у сфері поводження з відходами засобів індивідуального захисту під час пандемії COVID-19 у Хмельницькій області

Галузь знань 16 – Хімічна та біоінженерія

Спеціальність 161 – Хімічна технологія та інженерія

Освітня програма – Хімічна технологія та інженерія

ДРХТІ. 12016070.20.04.00

Виконав: здобувач 2 курсу, група ХТІм – 20 – 1 _____ О. В. Федоренко

Керівник: канд. техн. наук, доцент _____ Т.В. Іванішена

Нормоконтролер: _____ О.І. Стремецький

До захисту допускаю:

Зав. кафедри _____ Т.В. Іванішена

_____ 2021 р.

Хмельницький, 2021

Зміст

Вступ	5
1 Огляд джерел науково-технічної інформації	7
1.1 Характеристика якісних та кількісних показників ЗІЗ та джерел їх утворення	7
1.2 Аналіз існуючих систем поводження з відходами ЗІЗ в умовах пандемії COVID- 19	14
2 Об'єкти та методи дослідження	25
2.1 Характеристика об'єктів дослідження	25
2.2 Методики визначення якісних та кількісних характеристик матеріалів для виготовлення ЗІЗ	33
3 Пропозиції щодо інженерних рішень у сфері утилізації відходів ЗІЗ для Хмельницької області	40
3.1 Експериментальні дослідження складу відходів ЗІЗ	40
3.2 Розробка комплексу заходів, щодо налагодження системи поводження з відходами ЗІЗ у Хмельницькій області	47
3.3 Розробка схеми утилізації відходів ЗІЗ	48
3.4 Розрахунок економічних показників	58
Висновки	79
Перелік джерел посилання	81

Вступ

Вплив вірусу COVID-19 на навколишнє середовище є зовсім неоднозначним. Вважається, що хоч пандемія і призвела до поліпшення умов довкілля, проте є й такі чинники, які негативно вплинули на ситуацію у світі. Деякі з них більшою, а деякі, меншою мірою очевидні.

Негативними наслідками стали: збільшення кількості медичних відходів, безсистемна утилізація засобів індивідуального захисту, зростання обсягу побутових відходів і ускладнення проблеми їхньої переробки [1].

Проблеми з переробкою пластику не є новими – між 2015 та 2018 роками США вдалося переробити лише 8,7% його. Відповідно до цього, щорічне глобальне виробництво пластмас становить 380 мільйонів фунтів стерлінгів (без урахування зростання використання масок та засобів індивідуального захисту), 91% з яких ніколи не переробляється .

Гіпотетично припускаючи, що пандемія, яка була оголошена в березні 2020 року, закінчиться через 18 місяців, у світі буде використано приблизно 2,32 трильйона засобів індивідуального захисту – і за діючих директив менше 1% буде перероблено.

В Україні питанню збору та видалення відходів ЗІЗ приділяється недостатня увага, а їх організація відносно мало відрізняється від організації збору твердих побутових відходів (ТПВ).

Враховуючи вище приведені факти чітко проступає актуальність проведення роботи з розробки інженерних рішень у сфері поводження з відходами засобів індивідуального захисту під час пандемії COVID-19.

Метою даного дослідження є: оцінка динаміки накопичення відходів засобів індивідуального захисту та розробка інженерних рішень у сфері поводження з такими відходами в межах Хмельницької області.

Для досягнення мети роботи були поставлені такі завдання:

- проаналізувати динаміку утворення відходів засобів індивідуального захисту у Хмельницькій області;

- розглянути діючу систему поводження з відходами ЗІЗ;
- виявити недоліки цієї системи та розробити пропозиції щодо її поліпшення;
- розробити модуль системи поводження з відходами засобів індивідуального захисту, а саме: налагодження ефективного збирання таких відходів та їх переробки у корисний продукт.

Об'єктом дослідження є відходи засобів індивідуального захисту.

Предметом дослідження – процеси поводження з відходами засобів індивідуального захисту під час пандемії COVID-19.

Методи дослідження. Вирішення поставленої мети здійснювалося за допомогою комплексу методів: теоретичні: аналіз та систематизація наукової літератури; систематизація наукових категорій з питань поводження з відходами ЗІЗ; вивчення нормативних документів; емпіричні: спостереження, методи обробки та аналізу результатів дослідження, визначення якісних властивостей матеріалів, дослідження структури матеріалу, дослідження фізико - хімічних властивостей матеріалу.

1 Огляд джерел науково-технічної інформації

1.1 Характеристика якісних та кількісних показників ЗІЗ та джерел їх утворення

Поява нової коронавірусної хвороби (COVID-19) привернула глобальну увагу з грудня 2019 року. Для зменшення поширення та ризику для здоров'я, пов'язані з COVID-19, всесвітня організація охорони здоров'я (ВООЗ) та місцеві органи влади оголосили різні вказівки, включаючи часте миття рук, соціальне дистанціювання та карантин (домашній, місцевий та державний). Ці установи також рекомендували медичному персоналу та широкому населенню використовувати засоби індивідуального захисту (ЗІЗ), такі як хірургічні або медичні маски, немедичні маски для обличчя (включаючи різні форми саморобних або комерційних масок з тканини, бавовни чи іншого текстилю), щитки для обличчя, фартухи та рукавички [2].

Збільшення попиту на засоби індивідуального захисту призвело до утворення великої кількості відходів цих засобів.


Медичні відходи є причинами прямого і опосередкованого ризику забруднення навколишнього середовища, виникнення інфекційних та неінфекційних захворювань серед населення, тому Всесвітня організація охорони здоров'я відносить медичні відходи до групи небезпечних і рекомендує створення спеціальних служб для їх переробки. До таких відходів відносять прострочені, подроблені і конфісковані ліки, використані одноразові шприци та системи, перев'язувальні матеріали, рукавички, спецодяг медичного персоналу, рентгенівські плівки, заражені відходи блоків живлення, заражена кров, відсічені органи, і інші відходи, які збираються в клініках, диспансерах, хоспісах, поліклініках, науково-дослідних інститутах і навчальних закладах, ветлікарнях, аптеках, оздоровчих і санітарно профілактичних установах, лабораторіях, на пунктах переливу крові та невідкладної медичної допомоги [3].

Використані засоби індивідуального захисту відносять до медичних відходів категорії В (епідемічно небезпечні медичні відходи), і регулюються відповідно до вище згаданих норм і правил, але для розробки інженерних рішень у сфері поводження з відходами засобів індивідуального захисту під час пандемії COVID-19 запропоновано відділити відходи ЗІЗ в окрему категорію відходів.

Засоби індивідуального захисту це широка ланка, до якої можна віднести безліч засобів. Загалом ЗІЗ в залежності від призначення поділяють на: костюми ізолюючі; засоби захисту органів дихання; одяг спеціальний захисний; засоби захисту ніг; засоби захисту рук; засоби захисту голови; засоби захисту обличчя; засоби захисту очей; засоби захисту органу слуху; засоби захисту від падіння з висоти та інші запобіжні засоби; засоби дерматологічні захисні; засоби захисту комплексні [4].

Нижче в таблиці 1 наведено характеристику засобів індивідуального захисту.




Таблиця 1 – Характеристика засобів індивідуального захисту

Назва ЗІЗ	Характеристика
1	2
<p data-bbox="336 1335 619 1368">Щит для обличчя</p> 	<p data-bbox="866 1335 1471 1503">Конструкція щитка — тримач, резинка для кріплення та екран із прозорого пластику.</p> <p data-bbox="866 1525 1471 1944">Забезпечує хорошу видимість. Стійкий до туману. Повністю покриває боки і довжину обличчя. Якість відповідає стандартам: Директива стандарту ЄС 86/686/ЄЕС, EN 166/2002, або ANSI/ISEA Z87.1-2010</p> <p data-bbox="866 1973 1393 2007">Матеріал: поліетилентерефталат</p>

Продовження таблиці 1

1	2
<p data-bbox="331 309 600 342">Захисні окуляри</p> 	<p data-bbox="868 309 1469 730">Гнучка рама, яка легко підходить до всіх контурів обличчя. Стійкість до туману та подряпин. Наявність непрямої вентиляції для зменшення запотівання. Можливе багаторазове використання або одноразове використання.</p> <p data-bbox="868 757 1469 981">Якість відповідає стандартам: директива стандарту ЄС 86/686/ЄЕС, EN 166/2002, або ANSI/ISEA Z87.1-2010</p>
<p data-bbox="331 1014 826 1048">Медична або хірургічна маска</p> 	<p data-bbox="868 1014 1469 1373">Високий опір до рідини. Хороша повітропроникність. Структурована конструкція. Якість відповідає стандартам: EN 14683 Тип IIR, або ASTM F2100 рівень 2 або рівень 3.</p> <p data-bbox="868 1400 1469 1496">Матеріал: поліпропілен (PP), поліамід.</p>
<p data-bbox="331 1529 507 1563">Рукавички</p> 	<p data-bbox="868 1529 1469 1951">Нестерильні, без порошку. Якість відповідає стандартам: Директива стандарту ЄС 93/42/ЄЕС Клас I, EN 455 ; Директива стандарту ЄС 89/686/ЄЕС категорії III, EN 374; ANSI/ISEA 105-2011; ASTM D6319-10.</p> <p data-bbox="963 1977 1238 2011">Матеріал: нітрил</p>

Кінець таблиці 1

1	2
<p data-bbox="336 309 647 342">Одноразовий халат</p> 	<p data-bbox="866 309 1473 472">Якість відповідає одному з двох стандартів, залежно від стійкості матеріалів:</p> <p data-bbox="866 499 1473 663">Перевірено на опір проникненню рідини: високий рівень продуктивності EN 13795;</p> <p data-bbox="962 689 1286 723">Матеріал: спанбонд</p>
<p data-bbox="336 909 619 943">Шапочка захисна</p> 	<p data-bbox="866 909 1473 1335">Засіб для захисту волосся від потраплянь на нього потенційно небезпечних рідин. Володіє достатньою повітропроникною функцією, резинка надійно облягає голову, що дає можливість захистити волосся [5].</p> <p data-bbox="962 1361 1286 1395">Матеріал: спанбонд</p>
<p data-bbox="336 1424 576 1458">Захисні бахіли</p> 	<p data-bbox="866 1424 1473 1525">Одягаються поверх взуття, використовують в гігієнічних цілях.</p> <p data-bbox="866 1552 1473 1783">Матеріал: спанбонд, поліетилен низького тиску (HDPE); поліетилен високого тиску (LDPE); хлорполіетілен (CPE) [6].</p>

Пандемія коронавірусу безповоротно змінила суспільне життя. Згідно з різними прогнозами світового виробництва, у 2020 році в рамках заходів із запобігання пандемії було виготовлено близько 200 мільярдів засобів

індивідуального захисту. Було виявлено, що загалом в країнах Азії було використано 22 мільярди лише масок для обличчя, а їх розподіл за країнами показаний на рисунку 1.

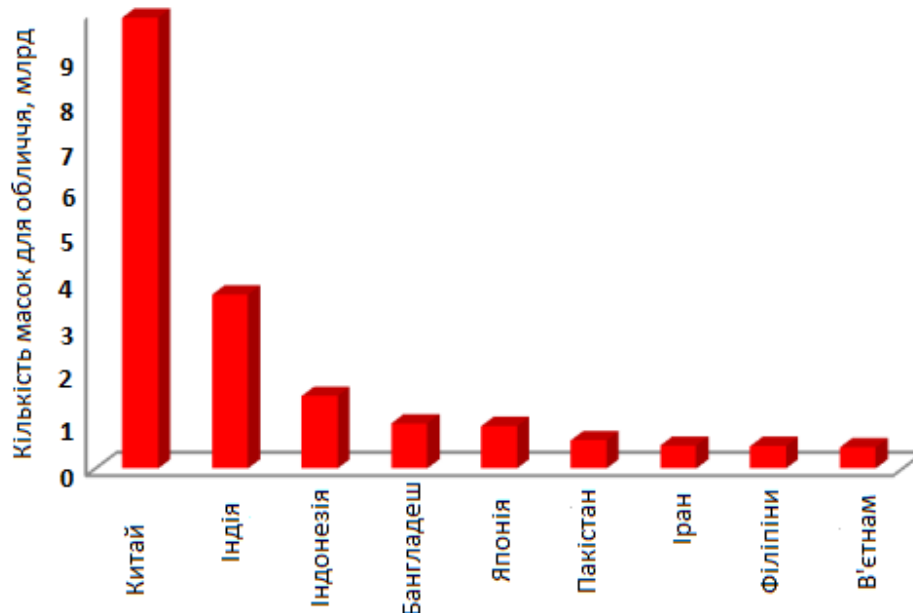


Рисунок 1 – Тенденція використання масок в азіатських країнах

З рисунку 1 видно, що Китай використовує найбільше захисних масок, далі йдуть Індія, Індонезія, Бангладеш, Японія, Пакістан, Іран, Філіппіни та В'єтнам.

Щоденна кількість масок для обличчя та їх загальна вага, що використовується в різних країнах світу зображено на рисунку 2.

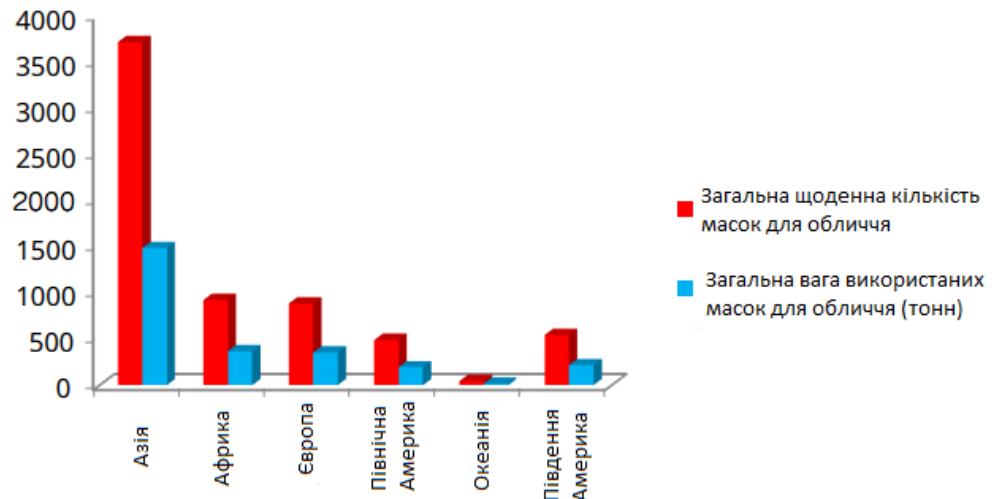


Рисунок 2 – Щоденна кількість масок для обличчя та їх загальна вага, що використовується в різних країнах світу

На рисунку 2 представлені приблизні дані про загальну добову кількість масок в мільйонах та загальну вагу масок, які використовуються в тонах в Азії, Африці, Європі, Північній Америці, Океанії та Південній Америці. Вага масок (т) розраховується на основі кожної маски вагою 4 г [7].

Джерела утворення відходів ЗІЗ

Основним джерелом утворення відходів засобів індивідуального захисту вважають медичні заклади, але в умовах пандемії кожен громадянин є своєрідним джерелом утворення цих відходів. Отже, до джерел утворення відходів ЗІЗ відносяться :

- медичні заклади;
- заклади освіти;
- косметичні салони;
- підприємства, установи, організації, зокрема, які здійснюють діяльність у сфері торгівлі, розваг та обслуговування населення;
- людина, у повсякденному житті.

Кожне з вище наведених джерел утворює певний вид відходів засобів індивідуального захисту. В таблиці 2 наведено класифікацію відходів ЗІЗ за джерелами утворення.

Таблиця 2 – Класифікація відходів ЗІЗ за джерелами їх утворення

Джерело \ Вид ЗІЗ	Медичні заклади	Заклади освіти	Підприємства та установи, що здійснюють діяльність у сфері торгівлі	Косметоло- гічні кабінети	Людина, у повсяк- денному житті
Маска	✓	✓	✓	✓	✓
Захисні окуляри	✓	-	-	✓	-
Щиток для обличчя	✓	✓	✓	✓	-
Одноразо- вий халат	✓	-	-	-	-
Рукавиці	✓	-	✓	✓	-
Бахіли	✓	-	-	✓	-

На рисунку 3 зображена схема утворення відходів ЗІЗ основними джерелами.



Рисунок 3 – Схема утворення відходів ЗІЗ за основними джерелами

1.2 Аналіз існуючих систем поводження з відходами ЗІЗ в умовах пандемії COVID-19

Система поводження або система управління відходами являє собою збирання, транспортування, відновлення та захоронення відходів, включаючи контроль над цими операціями, а також нагляд за місцями видалення відходів, включаючи операції, які виконують продавці та посередники [8].

Поводження з відходами ЗІЗ в Україні

Проблема поводження з відходами зараз набуває особливої значущості в усьому світі. Хоча ніхто не міг передбачити пандемію чи її численні побічні продукти, але без колективних дій та інноваційного мислення боротьба з відходами засобів індивідуального захисту буде продовжуватися ще довго після того, як коронавірус зникне [9].

Поводження з відходами в Україні регулюють цілий ряд нормативно-правових документів, серед яких більше десяти законів, сотні нормативних актів на рівні Кабінету міністрів і регулятивних документів інших відомств. Основним нормативно-правовим актом щодо управління та поводження з медичними відходами є Державні санітарно-протиепідемічні правила і норми щодо поводження з медичними відходами затверджені наказом Міністерства охорони здоров'я України 08.06.15 №325 [10]. Ці Правила встановлюють загальні вимоги до поводження з медичними відходами в закладах охорони здоров'я з метою попередження їх негативного впливу на життя, здоров'я населення та довкілля і визначають порядок збирання, перевезення, зберігання, сортування, оброблення (перероблення), утилізації, видалення, знезараження, захоронення та їх знищення.

За даними дослідження оцінки практики поводження з медичними відходами (ПМВ) в закладах охорони здоров'я України від 2019 року була розроблена типова для усіх закладів охорони здоров'я схема ПМВ. Рисунок 4 ілюструє загальний процес ПМВ [11].



Рисунок 4 –Типова схема поводження з медичними відходами

Якщо узагальнити систему поводження з відходами, вона буде складатися з таких етапів:

- збирання та маркування відходів;
- знезараження (дезінфекція) відходів;
- транспортування і перенесення відходів у корпусні/міжкорпусні (накопичувальні) контейнери в межах закладу, де вони утворюються;
- утилізація відходів (повна або часткова).

Було проаналізовано системи поводження з відходами ЗІЗ у різних країнах на кожному з цих етапів.

Збирання та маркування відходів ЗІЗ

Збір відходів засобів індивідуального захисту проводиться в місцях їх утворення. Для цього мають бути виділені спеціальні контейнери, які мають закриватися кришками і бути відповідно промарковані.

На північному заході Франції муніципалітет Локміне організували збирання використаних одноразових масок замість того, щоб спалювати їх, для переробки на корисні предмети. Тут конкретно йшлося про перетворення їх на шкільний матеріал (лінійка, транспорт). Для цього громада вперше

запустила великий збір у місті, встановивши термінали для збору скрізь, у тому числі в школах. Також був організований збір масок які часто знаходили на вулиці [12]. Допомогою в реалізації переробки використаних масок у шкільне приладдя став контракт з компанією Plaxtil.

У Південній Кореї збір використаних засобів індивідуального захисту в закладах охорони здоров'я починається з етапу «Викинути ЗІЗ до контейнера для медичних відходів». Цей контейнер повинен складатися із зовнішньої пластикової коробки та внутрішнього поліетиленового пакета, а червоний інфекційний символ повинен бути позначений збоку від пластикової коробки. Використані засоби індивідуального захисту викидають у внутрішній поліетиленовий пакет. Після цього обклеюють цей пакет скотчем, закривають кришку контейнеру, а потім дезінфікують його шляхом розпилення дезінфікуючого засобу.

Потік поводження з твердими відходами, включаючи використані ЗІЗ, з домогосподарств показаний на рисунку 5 [13].

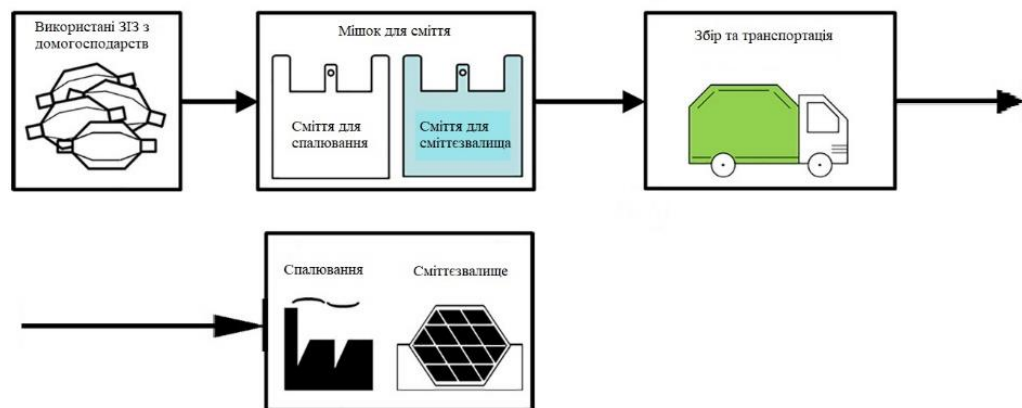


Рисунок 5 – Потік управління використаними засобами індивідуального захисту з домогосподарств в Південній Кореї

Використані ЗІЗ, що утворюються в домогосподарстві, викидають у мішок для сміття за системою збору відходів на основі обсягу їх утворення. Відходи, що підлягають вторинній переробці, повинні бути в окремому мішку,

для транспортування до підприємств з переробки. Однак недоліком цієї системи є те, що такі відходи, включаючи використані засоби індивідуального захисту, спалюють або вивозять на смітник без будь-якої переробки.

У Польщі заходи захисту від інфекції Covid-19 подібні до інших країн ЄС. Після одноразового використання – ЗІЗ стають відходами, які утворюються в домашніх умовах, на робочих місцях, у мережах громадського транспорту та вузлах, магазинах та супермаркетах. Відходи ЗІЗ з вищезазначених джерел слід викидати в сміттєзбірники для змішаних побутових відходів, а для карантинних місць застосовуються різні заходи щодо обробки ЗІЗ. Після проведення опитування серед населення було виявлено, що лише 29% людей збирають відходи ЗІЗ в окремі пакети, 42% викидають використані ЗІЗ разом зі звичайним сміттям, 26% викидають їх з відсортованим пластиком і лише 3% утилізують дані відходи на місцях їх утворення [14].

Для полегшення збору американська компанія з поводження з відходами TerraCycle випустила ящики з нульовими відходами для збору та утилізації засобів індивідуального захисту. Компанія пропонує EasyPak Box для переробки вінілових, нітрилових та латексних рукавичок та EasyPak Box для переробки хірургічних та промислових масок для обличчя. Зібрані матеріали можна очищати, розплавляти та повторно збирати для створення нових продуктів [15]. Таким чином відходи ЗІЗ підлягають одразу і збиранню і сортуванню та отримують гарантію подальшої переробки.

Знезараження відходів

Знезараження (дезінфекція) - сукупність методів (фізичних чи хімічних), спрямованих на знищення патогенних та умовно патогенних збудників у приміщеннях, обладнанні, інструментах, матеріалах, речовинах та у відходах [16].

Як було зазначено вище, відходи засобів індивідуального захисту відносяться до медичних відходів категорії В. В Україні основними способами знезараження (дезінфекції) відходів категорії В є фізичні та хімічні методи.

Фізичний метод знезараження відходів (категорії В), що включає обробку водним насиченим паром під надмірним тиском та температурою за допомогою спеціального обладнання - установок для знезараження відходів категорії В, зокрема автоклавів, які використовуються для дезінфекції відходів при температурі стерилізації не менше 150 °С, а також засобами та способами радіаційного та електромагнітного опромінення відповідного призначення безпосередньо на об'єкті.

Хімічний метод знезараження відходів категорії В включає обробку розчинами дезінфекційних засобів, що мають бактерицидну (включаючи туберкулоцидну), віруліцидну, фунгіцидну (спороцидну - за необхідності) дію у відповідних режимах, застосовується за допомогою спеціальних установок або способом занурення відходів у промарковані ємності з дезінфекційним розчином у місцях їх утворення.

Хімічне знезараження відходів категорії В на місці їх утворення використовується як обов'язковий тимчасовий захід за відсутності приміщення для поводження з відходами або при відсутності централізованої системи знезараження [15].

Наприклад, для кращої і швидшої дезінфекції відходів ЗІЗ французька компанія UVmobi виготовили та поставили декілька ультрафіолетових дезінфекційних приладів. Це абсолютно нова, швидка, ефективна та екологічна "ультрафіолетова пральна машина" [17].

Переваги цієї машини:

- швидкість: для дезінфекції 12 кг масок потрібно всього 30 хвилин, що еквівалентно приблизно 5000 маскам;
- використання лише ультрафіолетового випромінювання для дезінфекції;
- без необхідності сортування;
- наукові виміри і тести: інтенсивність УФ від 15495 до 2449 мкВт / см², знищення 99,9999% Sars-CoV-2 за 2-9 секунд.

Утилізація відходів

На жаль в Україні, картонні контейнери з використаними ЗІЗ та наповнені (зав'язані та промарковані) поліетиленові пакети підлягають утилізації як побутове сміття.

Що стосується інших країн, то завдяки термопластичній природі наборів ЗІЗ В'єтнамською компанією та Інститутом біопродуктів Університету Британської Колумбії Канади було запропоновано термодеграцію як ефективний засіб переробки. Експериментальне дослідження піролізних відходів пластмас перетворило понад 75% відходів на біосиру нафту (смоли). Таким чином, запропонований метод утилізації ЗІЗ шляхом піролізу є орієнтовним заходом для полегшення проблеми утилізації одноразових відходів ЗІЗ. Тому повторна обробка ЗІЗ до продуктів з доданою вартістю та належне поводження полегшують проблеми утилізації та забезпечують джерела енергії одночасно. Таким чином, пошук методів переробки відходів ЗІЗ та передбачуване зростання попиту на енергію можна вирішити шляхом виробництва нафтового палива з таких наборів ЗІЗ [18].

Дослідження з переробки використаних масок в матеріал для нових масок були проведені в Німеччині в Інституті Фраунгофера UMSICHT, SABIC та Procter & Gamble (P&G). Олександр Гофманн, керівник відділу управління утилізацією у Fraunhofer UMSICHT стверджує, що одноразові медичні продукти, такі як маска для обличчя, мають високі гігієнічні вимоги як з точки зору утилізації і виробництва. Механічна переробка не справилася б з цим завданням. За їх методом маски спочатку автоматично подрібнюють, а потім термохімічно перетворюють на піролізну олію. Піроліз розщеплює пластик на молекулярні фрагменти під тиском і теплом, що також знищує будь – які залишкові забруднювачі чи патогени, такі як коронавірус. Таким чином можна виробляти вихідну сировину для нових пластмас, яка також буде відповідати вимогам до медичних виробів.

Потім SABIC використовують піролізну олію як вихідну сировину для виробництва нового поліпропілену, поєднуючи його з сировиною на викопній основі, відомий як масовий збалансований підхід. За даними Plastics Europe, це спосіб віднести відновлювану сировину до кінцевого продукту прозорим та перевіреним способом. Таким чином компанія P&G переробила поліпропіленовий полімер для матеріалу з нетканого волокна при виробництві нових масок для обличчя [19].

Дослідники з Індійського університету нафтових та енергетичних досліджень визначили спосіб перетворення значної кількості утилізованих засобів індивідуального захисту (ЗІЗ) у біопаливо. Оскільки природне руйнування відходів ЗІЗ при температурі навколишнього середовища займає десятки а то і сотні років, то хімічна обробка поліпропілену – один з найбільш перспективних методів. Він передбачає термічний крекінг великих вуглеводневих ланцюгів, відомий як піроліз. Це ефективний та економічний метод переробки поліпропілену.

Піроліз проводять при температурі від 300 до 400 °C протягом 60 хвилин, завдяки цьому структура легко руйнується в результаті реакції розщеплення. Після цього щойно отримані молекули знову об'єднуються і в кінцевому підсумку дають рідку олію. Дослідники підтверджують переваги запропонованого ними підходу, оскільки піроліз не вимагає попереднього поділу різних видів відходів пластмас, тому їх суміш також може бути перетворена на рідке паливо [20].

Вищезгаданий французький стартап Plaxtil спочатку був створений для перетворення текстилю в пластик. Але з середини червня 2020 року розробниками даного стартапу було успішно перероблено тисячі масок для обличчя. Після видалення металевої смужки для носа матеріал готовий до використання. Після цього його дезінфікують при проходженні через ультрафіолетове світло, пресують у пластик і формують у нові типи захисних засобів - від козирків до шкільного приладдя [21].

У нещодавньому дослідженні було обговорено фотокаталітичне розкладання мікро- та нанопластів. Верма та співробітники запропонували фотокаталітичний шлях деградації поліпропіленового полімеру за допомогою TiO_2 -наноматеріалів на основі натрію та TiO_2 -нанокомпозиту відновленого оксиду графену (rGo) під опроміненням Сонця протягом 130 год тричі [22].

У Саудівській Аравії було запропоновано новий метод мінімізації відходів, пов'язаних з пандемією, шляхом переробки використаних засобів індивідуального захисту для вдосконалення геотехнічної інженерії замуленого піщаного ґрунту, використовуючи їх як шар підоснови у конструкціях дорожнього покриття. Результати моделювання підтверджують висновок про те, що суміш ґрунт-ЗІЗ демонструє чудові показники при використанні як підосновного шару та зменшує вертикальне зміщення на 11% у порівнянні з нормальним матеріалом основи. Виключення ЗІЗ, особливо масок для обличчя з життєвого циклу звалища та включення їх у виробництво високоякісних будівельних матеріалів має потенціал для досягнення значних результатів [23].

Доступні рішення для переробки вторинних засобів індивідуального захисту у навколишньому середовищі через пандемію COVID-19 були розроблені для країн Азії.

Результатом дослідження стала розроблена система поводження з відходами, яка зображена на рисунку 6.



Рисунок 6 – Поводження з медичними відходами в країнах Азії

Згідно вище наведеної схеми поводження з медичними відходами під час пандемії COVID – 19 в країнах Азії, для збору використаних масок у громадських місцях розміщені контейнери з мітками. Відходи ЗІЗ упаковуються в двошарові пакети для медичних відходів і обробляються як загальні медичні відходи спеціальним персоналом, працівниками компаній поводження з твердими побутовими відходами та відділом спеціального поводження з відходами.

Відходи ЗІЗ, що утворюються в клініках, палатах, спеціалізованих оглядових кабінетах та медичних лабораторіях, позначають як «інфекційні відходи COVID-19». Ця етикетка повинна бути прикріплена спеціальним персоналом на етапі пакування. Згодом ці відходи поміщають у подвійні жовті або червоні пакети для медичних відходів. Перед тим, як помістити пакет у тару для медичних відходів для тимчасового зберігання на місці, поверхню пакета обробляють 0,5% дезінфікуючого засобу з хлором. Після чого відходи слід автоклавувати при 121 °C протягом 110 хвилин або витримати при високій температурі (більше 70 °C) протягом 5 хвилин. Повідомляється, що

цей процес надзвичайно ефективний для інактивації SARS-CoV-2 з відходів. Потім пакет слід помістити у тару для медичних відходів і спалити.

Таким чином, за даною системою поводження з відходами ЗІЗ під час пандемії пріоритет надається високотемпературному спалюванню для утилізації медичних відходів, пов'язаних з COVID-19. Це найпоширеніший, біологічно безпечний і відповідний метод для знищення слідів вірусу за допомогою високої температури печі, а температура і тривалість спалювання встановлені на 1100 °C протягом 3 хв [24].

Аналіз основних тенденцій, щодо поводження з відходами ЗІЗ у світі представлений на рисунку 7.



Рисунок 7 – Поводженні з відходами ЗІЗ в різних країнах

Остання ланка системи поводження з відходами засобів індивідуального захисту детальніше розглянута та наведена в таблиці 3.

Таблиця 3 – Методи переробки відходів ЗІЗ та продукти що утворюються в результаті

Метод	Продукт	Країна
1	2	3
Піроліз	Біосира нафта (смола)	В'єтнам

Кінець таблиці 3

1	2	3
Піроліз	Вихідна сировина для виробництва пластмас	Німеччина
Піроліз	Рідке паливо	Індія
Пресування при температурі	Шкільне приладдя, козирки	Франція
Каталітичне розкладання	Біорозкладний полімер	Об'єднане королівство
Використання у виробництві доріг	Підосновний шар для будівництва доріг	Саудівська Аравія
Переробка у новий продукт	Ящики для збору відходів ЗІЗ	Америка
Спалювання	Продукти спалювання	Південна Корея, Азія, Китай
Перевезення на сміттєзвалище	Сміття	Україна, Іран

Висновки до розділу 1:

- наведено характеристики основних засобів індивідуального захисту;
- визначено утворення відходів ЗІЗ за кожним джерелом утворення ;
- проаналізовано світові практики поводження з відходами ЗІЗ за кожною ланкою загальної системи поводження з відходами;
- розглянуто різні методи утилізації відходів ЗІЗ.

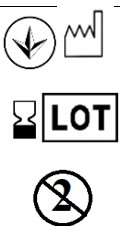
2 Об'єкти та методи досліджень

2.1 Характеристика об'єктів дослідження

Загалом засоби індивідуального захисту це широка ланка, до якої можна віднести безліч речей. Об'єктами дослідження було обрано медичні маски, захисні халати, шапочки та рукавички. Основним критерієм вибору об'єктів дослідження стали обсяги та частота використання даних ЗІЗ.

Медична маска - це одноразовий медичний виріб, що забезпечує бар'єр для мінімізації поширення інфекцій, які передаються повітряно-крапельним шляхом. Вона являє собою пов'язку на обличчя, що закриває ніс і рот. Як правило, складається з шару фільтра, який розташовується між двома зовнішніми шарами, та одного фіксатора, що забезпечує щільне прилягання маски до обличчя. Характеристики масок наведені в таблиці 4.

Таблиця 4 – Характеристики маски захисної

Назва	Виробник	Маркування	Матеріал	Характеристика
Маска хірургічна	Україна, м.Київ, ТОВ «Алексфарм»		Нетканый (спанбонд)	<p>Маска захисна для обличчя складається з:</p> <ul style="list-style-type: none"> - каркасу (два зовнішні шари); - фільтра (всередині маски); - носового фіксатора; - завушної петлі, гумки або зав'язки;

Виготовляють захисні медичні маски з високотехнологічних нетканих матеріалів із полімерних волокон, в основному з поліпропілену. Для дослідження було обрано маску хірургічну, оскільки вона більше користується попитом.

На рисунку 8 зображено кожен окремий шар маски та його функції.

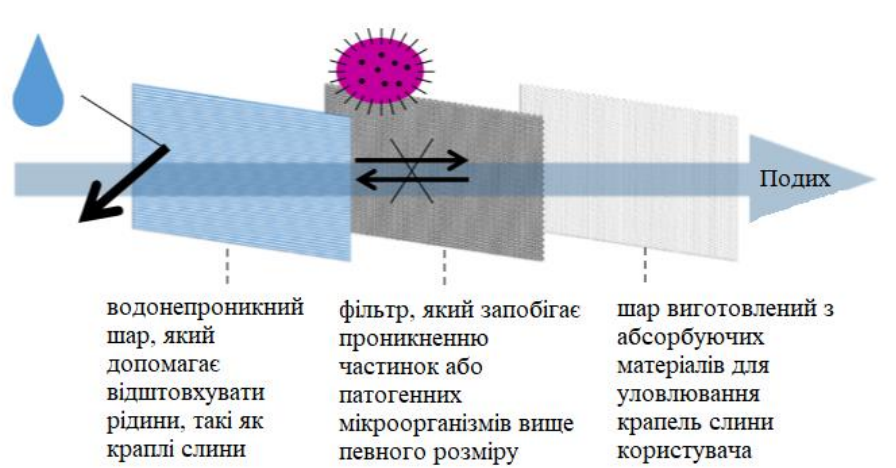


Рисунок 8 – Функції окремих шарів маски

Рукавички захисні повинні відповідати ДСТУ EN 455-1:2014 Захисні засоби. Рукавички медичні одноразового використання. Частина 1. Вимоги та методи випробування щодо відсутності отворів; ДСТУ EN 16523-1:2018 Визначення стійкості матеріалу до проникання хімічних речовин. Частина 1.

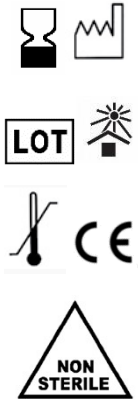
Для дослідження були обрані нітрилові рукавиці, оскільки даний вид матеріалу є найбільш розповсюдженим.

Характеристика захисних рукавиць наведена в таблиці 5.

Таблиця 5 – Характеристика захисних рукавиць

Назва	Виробник	Маркування	Матеріал	Характеристика
1	2	3	4	5
Рукавиці захисні	Польща, «Mercator»	Ⓢ Ⓣ	Нітрил	Відрізняються такими властивостями:

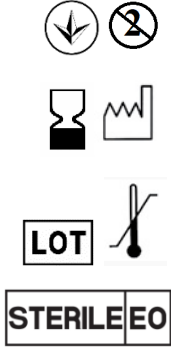
Кінець таблиці 5

1	2	3	4	5
	Medical»			<ul style="list-style-type: none"> - висока міцність і надійність; - термостійкість (від 40 до 140 °С); - гіпоалергенність (не містять латексу та внутрішнього наплення) - механічна пам'ять

Халат медичний одноразовий

Халат медичний (хірургічний) універсальний предмет одягу, виготовлений з нетканних матеріалів щільністю 35 г / м². Характеристика даного виду ЗІЗ наведена в таблиці 6.

Таблиця 6 – Характеристика медичного одноразового халату


Назва	Виробник	Маркування	Матеріал	Характеристика
Халат медичний одноразовий	Україна, м.Київ, ТОВ «Фірма «Технокомплекс»		Нетканний (спанбонд)	<ul style="list-style-type: none"> - високі міцнісні та бар'єрні характеристики; - відмінна повітропроникність; - відсутність ворсу; - легка вага (100 г) [25]

Шапочка захисна

Медичні шапочки використовують в установах, де санітарний режим є обов'язковим пунктом: медичні центри, клініки, лікарні, виробничі

підприємства, СПА-центри. Перевагами даного виду засобу індивідуального захисту є: зручна фіксація завдяки вшитій еластичній пов'язці; матеріал шапочки не викликає алергії і роздратування; зручна форма [26]. Характеристика даного виду ЗІЗ наведена в таблиці 7.


Таблиця 7 – Характеристика захисної шапочки

Назва	Виробник	Маркування	Матеріал	Характеристика
Шапочка захисна	Україна, м.Київ, ТОВ «Фірма «Технокомплекс»		Нетканый поліпропі- лен (спанбонд)	<ul style="list-style-type: none"> - форма - берет - стерильна - одноразова - колір блакитний - розмір універсальний

Бахіли одноразові

Призначені для використання в приміщеннях, де необхідно дотримуватись чистоти [27]. Характеристики бахіл наведені в таблиці 8.

Таблиця 8 – Характеристика захисних бахіл

Назва	Виробник	Маркування	Матеріал	Характеристика
Бахіли	Україна, м.Львів, ТОВ «Тетафарм»		Нетканый поліпропілен (спанбонд), поліетилен, латекс	<ul style="list-style-type: none"> - одноразові - колір блакитний - розмір універсальний - зручний обхват взуття

Обрані об'єкти в основному містять однакові знаки маркування такі як: заборона повторного використання; дата виготовлення; використати до; номер партії; температурні обмеження; стерильність або не стерильність засобу. Відрізняються лише за виробниками та характеристиками засобу.

Для подальшого дослідження були проведені розрахунки по прогнозованій кількості утворення відходів ЗІЗ. Для цього основними джерелами утворення відходів ЗІЗ було обрано медичні заклади; підприємства та установи, що здійснюють діяльність у сфері торгівлі та послуг; населення міста оскільки під час своєї діяльності вони найбільше використовують засоби індивідуального захисту.

Обсяги накопичення відходів оцінювали з використанням таких критеріїв як : частота використання засобів індивідуального захисту, різноманітність ЗІЗ, джерела утворення відходів ЗІЗ.

З метою оцінки щоденного використання захисних масок у Хмельницькій області було використано рівняння (2.1) адаптованим з Nzediegwu та Chang таким чином [23]:

$$D_{FM} = P \cdot U_p \cdot F_{MAR} , \quad (2.1)$$

де D_{FM} – щоденне використання масок для обличчя, штук

P – населення, особи

U_p – міське (або сільське) населення, %

F_{MAR} – частота прийняття масок для обличчя - 80% (у містах) та 50% (у селах);

Чисельність населення Хмельницької області станом на 1 квітня 2021 року становить 1240311 осіб. Відсоток міського населення становить 58,5, сільського – 41,5 [29]. Також врахуємо, що дітям віком до 6 років маски носити не обов'язково. Кількість дітей віком до 6 років становить 461803 чол, тоді населення Хмельницької області віком від 6 років становитиме 778508 чол [30].

Відповідно до формули наведеної вище, кількість щоденного використання масок міським населенням Хмельницької області становить:

$$D_{\text{міста}} = 778508 \cdot 58,5 \cdot 80 = 364342 \text{ шт}$$

Відповідно, кількість щоденного використання масок сільським населенням становить:

$$D_{\text{села}} = 778508 \cdot 41,5 \cdot 50 = 161540 \text{ шт}$$

Задля покращення точності розрахунків, було враховано, що не всі люди будуть дотримуватися правил сортування відходів ЗІЗ і їх певна кількість не буде потрапляти на переробку. Результати опитування показали, що лише 40 відсотків населення міст Хмельницької області будуть сортувати відходи ЗІЗ, і лише 15 відсотків сільського населення.

Отже, кількість відходів ЗІЗ, що утворюватиметься за день і в подальшому потраплятиме на переробку, при їх правильному сортуванні, становить:

- для міського населення:

$$D_{\text{міста.1}} = \frac{40 \cdot 364342}{100} = 145737 \text{ шт}$$

- для сільського населення:

$$D_{\text{села.1}} = \frac{15 \cdot 161540}{100} = 24231 \text{ шт}$$

Підсумувавши вище наведені прогнозовані кількості використання масок у Хмельницькій області, отримано 169968 шт в день. Кожна маска має

приблизну вагу 2,5 г, то кількість відходів масок у числовому еквіваленті становитиме 0,42 т/день або 155 т/рік.

Також було проведено розрахунки щоденного використання ЗІЗ за іншими основними джерелами їх утворення та об'єктами дослідження, враховуючи кількість персоналу закладу та приблизну кількість відвідувачів.

У пік захворюваності кількість закладів, що надають медичну допомогу хворим на COVID -19 у Хмельницькій області становить 3. Цими лікарнями є: Дунаєвецька центральна районна лікарня, Славутська центральна районна лікарня, Хмельницька інфекційна лікарня. Загальна кількість медичного персоналу за цими закладами становить 834 особи. Враховуючи приблизний графік роботи 2/2, кількість персоналу на зміні у цих закладах становить приблизно 200 осіб. У таких лікарнях використовують максимальний рівень захисту працівників. ЗІЗ, які використовуються у відділеннях для хворих на коронавірус: маски, халати, рукавиці, шапочки.

Оскільки щоденне використання масок було розраховане для всього населення Хмельницької області, у подальшому розрахунок утворення відходів ЗІЗ виконується за всіма іншими засобами захисту окрім масок.

Середня вага цих ЗІЗ становить: 100 г – халат; 2,7 г – шапочка; 7 г – рукавички, бахіли – 3,4 г. За робочу зміну приблизно кожним медичним працівником використовується 4 маски, 6 пар рукавичок, 1 шапочка та 1 халат. Також було враховано кількість робочих днів у році, що становить 250 днів. Потужність відвідувань на 1 лікарню становить 250 чол, Кількість лікарень у Хмельницькій області 28 шт [31]. Відповідно до вище наведених даних кількість відходів ЗІЗ, утворених закладами охорони здоров'я за рік становить:

- для халатів:

$$V_{\text{мед.х}} = \frac{200 \cdot 1 \cdot 100}{1000000} \cdot 250 = 5 \text{ т/рік}$$

- для рукавиць:

$$V_{\text{мед.р}} = \frac{200 \cdot 6 \cdot 7}{1000000} \cdot 250 = 2,1 \text{ т/рік}$$

- для шапочок:

$$V_{\text{мед.ш}} = \frac{200 \cdot 1 \cdot 2,7}{1000000} \cdot 250 = 0,135 \text{ т/рік}$$

- для бахіл

$$V_{\text{мед.б}} = \frac{250 \cdot 28 \cdot 3,4}{1000000} \cdot 250 = 5,95 \text{ т/рік}$$

Також у Хмельницькій області станом на 2021 рік кількість підприємств, що надають послуги у сфері торгівлі та послуг, становить 30005 шт. Використання засобів індивідуального захисту за даним джерелом становить 4 пари рукавиць на 1 особу, вага рукавиць 7г. Кількість використання масок врахована вище. Відсоток людей, що будуть дотримуватися правил сортування та поводження з відходами ЗІЗ 40%.

Кількість відходів ЗІЗ становить:

- для рукавиць:

$$V_{\text{підпр.р}} = \left(\frac{30005 \cdot 4 \cdot 7 \cdot 0,8}{1000000} \cdot 250 \right) \cdot 0,04 = 67 \text{ т/рік}$$

Результати розрахунків кількості утворення відходів ЗІЗ за об'єктами та джерелами утворення наведені в таблиці 9.

Таблиця 9 – Результати розрахунків кількості утворення відходів ЗІЗ у Хмельницькій області за об'єктами та джерелами утворення

Джерело утворення	Кількість утворених відходів, т/рік				
	маски	шапочки	халати	рукавички	бахіли
Заклади охорони здоров'я	155	0,135	5	2,1	5,95
Підприємства та організації, що здійснюють діяльність у сфері торгівлі та послуг		-	-	67	-
Людина у повсякденному житті		-	-	-	-
Всього за всіма джерелами	155	0,135	5	69,1	5,95

За інформацією таблиці 9 очевидно, що у найбільших кількостях утворюються відходи масок 155 т/рік та рукавичок 69,1 т/рік.

2.2 Методики визначення якісних та кількісних характеристик матеріалів для виготовлення ЗІЗ

Для подальшої розробки інженерних рішень у сфері поводження з відходами засобів індивідуального захисту, необхідно ідентифікувати їх за складом.

Основними матеріалами, які використовують для виробництва засобів індивідуального захисту є неткані матеріали (спанбонд, мелтблаун), поліетилен, нітрил. Розподіл ЗІЗ за елементами та за матеріалами які використовуються для їх виробництва наведені на рисунку 9.

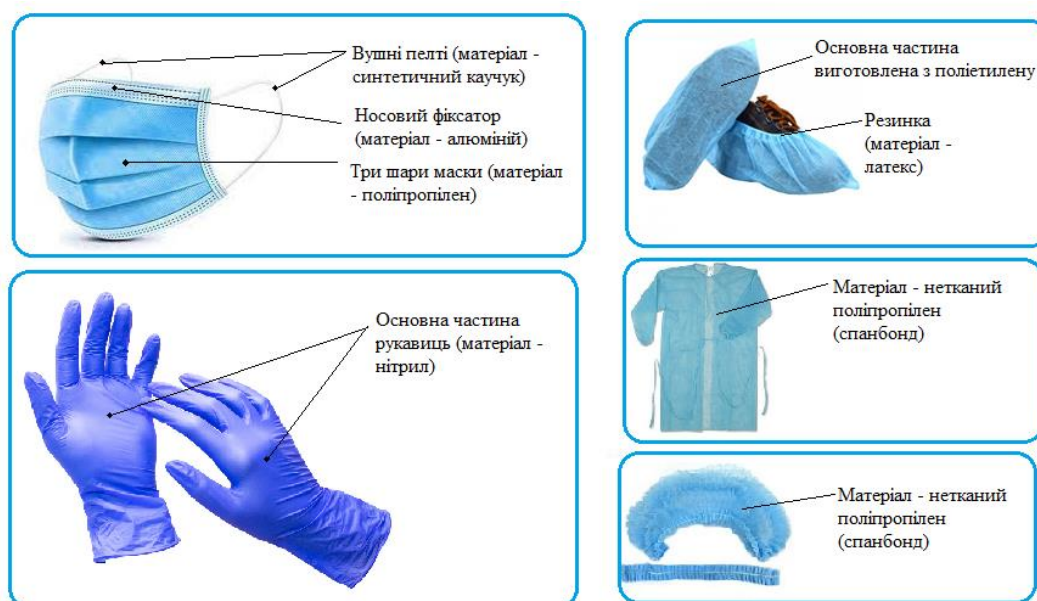


Рисунок 9 – Розподіл ЗІЗ за елементами та за матеріалами з яких вони виготовлені

Для виробництва масок, шапочок та халатів використовується один і той самий матеріал — поліпропілен, для виробництва бахіл використовують поліетилен, а для виробництва рукавиць – нітрил.

Як вже було сказано вище при відсутності системи поводження з відходами цих матеріалів, та відсутності системи їх утилізації зростатиме кількість цих відходів. Окрім довгого періоду розкладу у природі, дані матеріали можуть мати негативний вплив з точки токсикологічних властивостей.

Токсикологічні властивості поліпропілену взяті з паспорту безпеки [32] даного матеріалу та наведені в таблиці 10.

Таблиця 10 – Токсикологічні властивості поліпропілену

Токсикологічні данні	
1	2
Хімічна формула	$[-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{CH}_3)-]_n$
Гострий шкідливий вплив на здоров'я:	Матеріал не становить небезпеки для здоров'я людей.

Кінець таблиці 10

1	2
	<p>Гостра токсичність у разі тварин:</p> <p>LD₅₀ інтраперитонеально - щур >110 000 мг/кг</p> <p>LD₅₀ інтравенозно - щур > 99 000 мг/кг</p>
Чутливість	Не має доведеного впливу на чутливість
Токсичність, викликана повторною схильністю до ризику	Не визначена
CMR ефекти (канцерогенний, мутагенний вплив, репродуктивна токсичність):	Не має доведеного CMR ефекту
Дані за захистом навколишнього середовища	
Екотоксичність	Не визначена
Мобільність	Не визначена
Стабільність та здатність до розкладання	<p>Шкідливий вплив матеріалу на довкілля невідомий. Матеріал чужий для навколишнього середовища, розкладається дуже повільно. Розкладається під впливом ультрафіолетового випромінювання. У воді не розчиняється.</p>
Біоаккумулятивний потенціал	Не визначений
Інші шкідливі впливи	Продукт не кваліфікується як шкідливий або небезпечний матеріал

Токсикологічні властивості поліетилену взяті з паспорту безпеки [33] даного матеріалу та наведені в таблиці 11.

Таблиця 11 – Токсикологічні властивості поліетилену

Токсикологічні данні	
Хімічна формула	$[-CH_2-CH_2-]_n$
Гострий шкідливий вплив на здоров'я:	Матеріал не становить небезпеки для здоров'я людей. Гостра токсичність у разі тварин: LD ₅₀ орально - щур > 3000 мг/кг
Чутливість	Не має доведеного впливу на чутливість
Токсичність, викликана повторною схильністю до ризику	Не визначена
CMR ефекти (канцерогенний, мутагенний вплив, репродуктивна токсичність):	Не має доведеного CMR ефекту
Дані за захистом навколишнього середовища	
Екотоксичність	Не визначена
Мобільність	Не визначена
Стабільність та здатність до розкладання	Шкідливий вплив матеріалу на довкілля невідомий. Матеріал чужий для навколишнього середовища, розкладається дуже повільно. Розкладається під впливом ультрафіолетового випромінювання. У воді не розчиняється.
Біоаккумулятивний потенціал	Не визначений
Інші шкідливі впливи	Продукт не кваліфікується як шкідливий або небезпечний матеріал

Токсикологічні властивості нітрилу також взяті з паспорту безпеки [34] даної речовини і наведені у таблиці 12.

Таблиця 12 – Токсикологічні властивості нітрилу

Токсикологічні данні	
Хімічна формула	$—[-CH_2-CH=CH-CH_2-]_n — [-CH_2-CH(CN)-]_m—$
Гострий шкідливий вплив на здоров'я:	Нетоксичний
Субхронічні та хронічні ефекти	Нетоксичний
Екологічна інформація	
Продукт біологічного розкладання	Не піддається біологічному розкладанню
Екотоксичність	Нітрилові одноразові рукавички вважаються інертними

Для проведення подальших досліджень важливим є визначення достовірності інформації, щодо складу матеріалів, яка зазначається на упаковках ЗІЗ. Одним з найбільш використовуваних методів ідентифікації матеріалів є – інфрачервона спектроскопія.

Випробування полягають у тому, що потік інфрачервоного випромінювання направляєтся на зразок, де він частково поглинається, а частково проходить через матеріал. інфрачервоний спектр, що виходить, є таким же індивідуальним відбиттям полімеру як відбитки пальців. Результати аналізу відображаються в графічній формі на дисплеї. Оскільки ніякі дві індивідуальні структури не дають зовсім ідентичні спектри, отриманий спектр рівняється з відомими еталонами для матеріалів, що раніше досліджувалися, що дозволяє однозначно ідентифікувати аналізований полімер [35]. Цим методом можна ідентифікувати майже всі матеріали, які використовуються для виготовлення ЗІЗ.

Зразки для аналізу являють собою полімерну плівку розміром 10 мм для різних частин кожного засобу індивідуального захисту.

Вимірювання проводили на інфрачервоному спектрофотометрі з перетворенням Фур'є IRAffinity-1 фірми SHIMADZU, який зображений на рисунку 10.



Рисунок 10 – Інфрачервоний спектрофотометр з перетворенням Фур'є IRAffinity-1 фірми SHIMADZU

Даний прилад спеціально розроблений для великого кола дослідницьких і прикладних задач. Висока чутливість забезпечується за рахунок керамічного джерела випромінювання високої яскравості і термостабілізованого детектора DLATGS [36].

Методика ідентифікації матеріалів за допомогою органолептичних методів.

Вивчають поведінку зразка полімеру в полум'ї пальника. Для цього зразки закріплюють на платиновому дроті і вносять у полум'я пальника на 5 – 10 хв. Уважно стежать за процесом і відзначають характерні особливості горіння: колір полум'я, легкість горіння, самозатухання, запах, наявність кіптяви і диму, вигляд газів, що виділяються, залишок після повного спалювання.

Методика визначення розчинності.

Було відібрано невеликі зразки кожного засобу індивідуального захисту і поміщено їх у пробірки з притертим корком. Далі пробірки були заповнені відповідними розчинниками і залишені на 30 хв.

Висновки до розділу 2:

- наведені характеристики засобів індивідуального захисту, які відносяться до об'єктів дослідження даної роботи;
- розраховані кількості утворення відходів ЗІЗ за джерелами та об'єктами дослідження;
- визначено прогнозовану кількість відходів ЗІЗ для Хмельницької області, яка становить 235 т/рік;
- наведено токсикологічні властивості прогнозованих матеріалів, з яких виготовлені засоби індивідуального захисту;
- обрано методики дослідження якісного складу матеріалів для виготовлення ЗІЗ.

3 Пропозиції щодо інженерних рішень у сфері утилізації відходів ЗІЗ для Хмельницької області

3.1 Експериментальні дослідження складу відходів ЗІЗ

Для розробки інженерних рішень у сфері утилізації відходів ЗІЗ необхідно дослідити склад та структуру засобів, обраних об'єктами дослідження.

Первинну оцінку природи матеріалу з якого виготовлені засоби індивідуального захисту проводили за допомогою перевірки вказаної інформації, щодо складу на етикетках даних засобів. Згідно маркування було визначено, що основним матеріалом для виготовлення масок, шапочок та халатів є поліпропілен, для бахіл – поліетилен, для рукавиць – нітрил.

Для подальшої ідентифікації були проведені дослідження розчинності матеріалів в серії різних розчинників та дослідження поведінки зразків у полум'ї. Результати дослідження представлені в таблиці 13.

Таблиця 13 – Результати дослідження розчинності та поведінки матеріалів ЗІЗ у полум'ї

ЗІЗ	Елемент ЗІЗ	Прогнозований матеріал	Розчинник	Характер горіння	Запах при горінні
1	2	3	4	5	6
Маска	1 шар	поліпропілен	HNO ₃	Горить яскравим полум'ям, плавиться	Гострий запах парафіну
	2 шар			Плавиться, скрапує	

Продовження таблиці 13

1	2	3	4	5	6
Маска	3 шар	поліпропілен	HNO_3	Горить яскравим полум'ям, плавиться	Гострий запах парафіну
Шапочка	Основна частина	поліпропілен	HNO_3	Горить яскравим полум'ям, плавиться, скрапує	Гострий запах парафіну
Бахіли	Основна частина	поліетилен	C_6H_6	Горить жовто- зеленим полум'ям, плавиться та скрапує	Слабкий запах парафіну
Халат	Зав'язка	поліпропілен	HNO_3	Горить швидко та яскраво з кіптявою, скрапує	Гострий запах парафіну
	Основна частина			Горить помірно синьо- жовтим полум'ям, розплав скрапує	

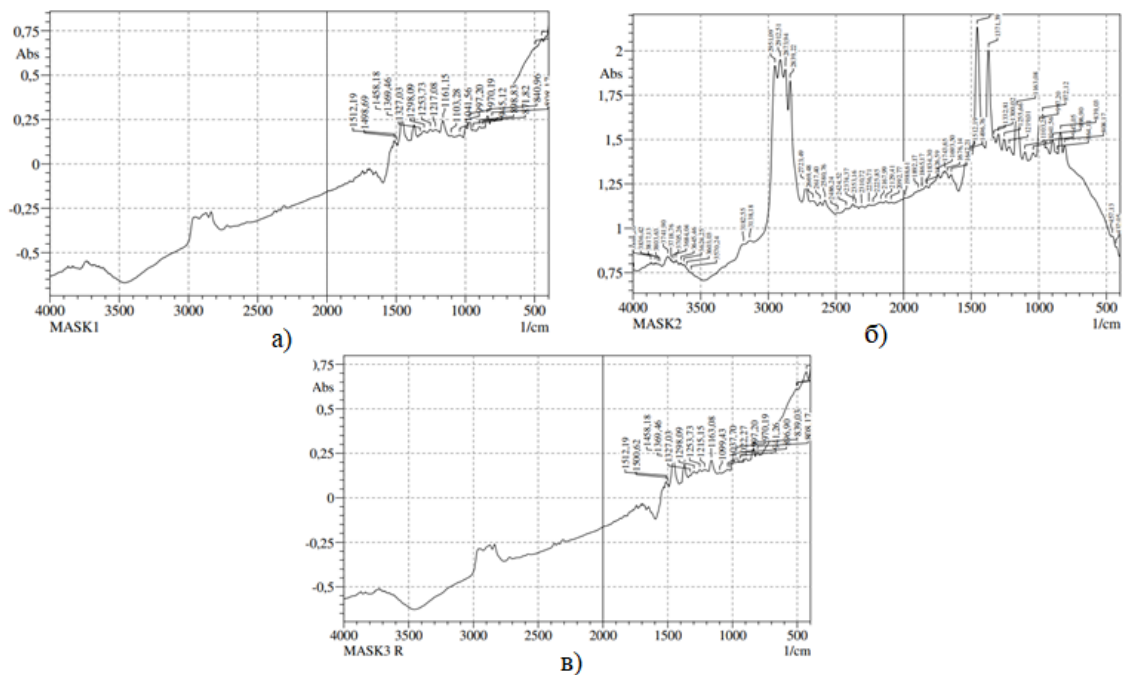
Кінець таблиці 13

1	2	3	4	5	6
Рукавички	Основна частина	нітрил	C_4H_9OH	Спалахує, горить швидко з кіптявою	Різкий запах сірки та паленої гуми

Крім того, ідентифікацію матеріалу здійснювали і методом ІЧ-спектроскопії.

За інформацією про матеріали з яких виготовляють ЗІЗ, об'єкти дослідження були поділені на три групи: 1 група – засоби, що виготовлені поліпропілену (маски, шапочки, халати); 2 група – засоби з поліетилену (бахіли); 3 група – засоби з нітрилу (рукавиці).

Результати дослідження шарів маски методом ІЧ- спектроскопії з перетворенням Фур'є зображені на рисунку 11.



а) – 1 шар маски; б) – 2 шар маски; в) – 3 шар маски

Рисунок 11 – Спектри різних шарів маски

На підставі аналізу літературних джерел [37, 38] проведено інтерпретацію смуг поглинання у середній області ІЧ-спектра ($4000\text{ см}^{-1} - 500\text{ см}^{-1}$)

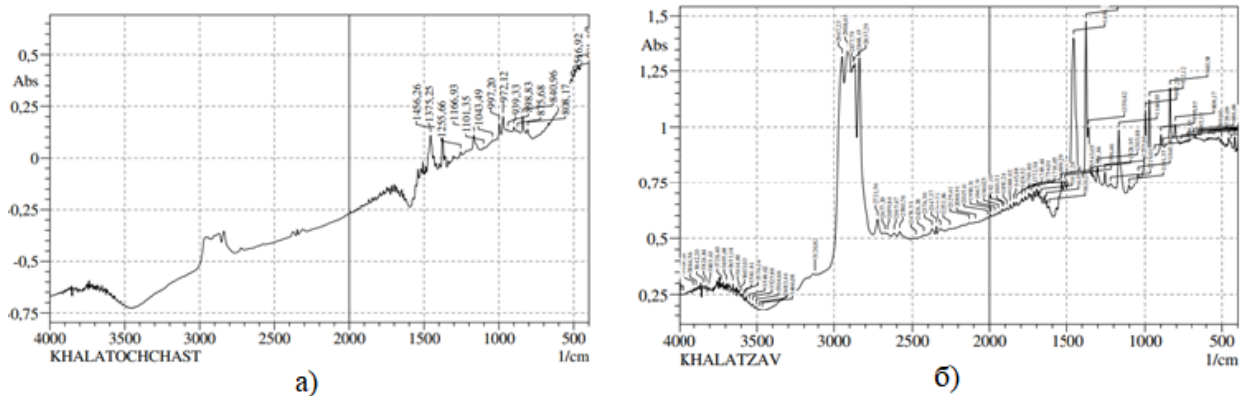
Як доводить аналіз області спектрів $1500\text{ см}^{-1} - 500\text{ см}^{-1}$ для 1 та 3 шарів, вони містять велику кількість однакових смуг поглинання. Для області спектру $3000\text{ см}^{-1} - 2500\text{ см}^{-1}$ чітко виражений один пік який приблизно відповідає хвильовому числу 2900 см^{-1} .

Що стосується 2 шару маски, то його ІЧ-спектр відрізняється від 1 та 3 шарів інтенсивністю смуг поглинання у тих самих областях спектру. До найінтенсивніших з них належать два, які відповідають хвильовим числам 1456 см^{-1} , 1371 см^{-1} у області $1500\text{ см}^{-1} - 500\text{ см}^{-1}$; один 2912 см^{-1} у області від $3000\text{ см}^{-1} - 2500\text{ см}^{-1}$.

Згідно з інтерпретацією спектрів за довідковими даними смуги спектрів при 1371 см^{-1} , 1456 см^{-1} перебувають в області деформаційних коливань групи – CH_3 . Смуги з частотою поглинання близько 2912 см^{-1} відповідають валентним коливанням групи – CH_2 –.

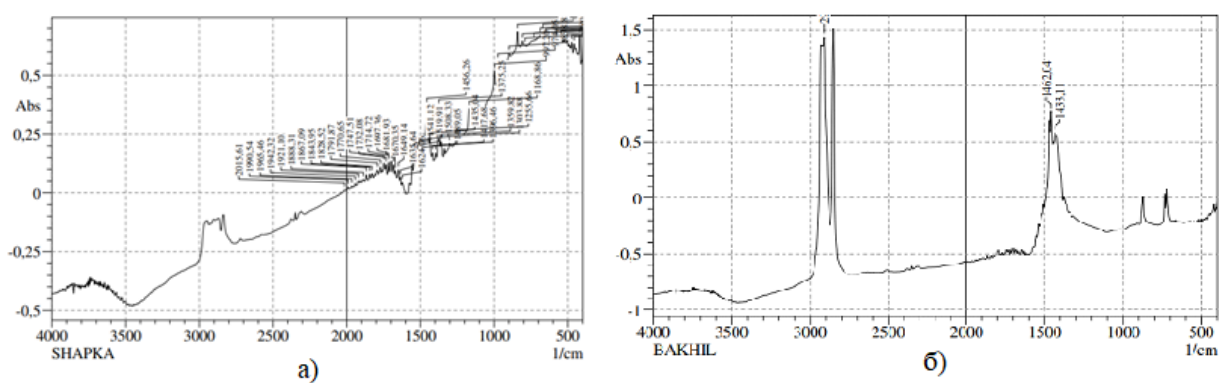
Порівняльний аналіз отриманих ІЧ-спектрів об'єктів дослідження зі спектром поліпропілену дозволив дійти висновку, що другий шар є поліпропіленом. Однак в деяких спектрах (1 та 3 шар маски) спостерігалось відхилення за такою ознакою, як інтенсивність характеристичних смуг поглинання. Це може бути пов'язано з тим, що 1 та 3 шари маски виготовлені за іншою технологією на відміну від 2 шару маски та містять домішки у вигляді барвника.

Аналогічну інтерпретацію смуг поглинання ІЧ-спектрів було проведено і для інших зразків засобів індивідуального захисту. Результати отриманих ІЧ-спектрів зображені на рисунках 12 – 14.



а) – основна частина; б) – зав'язка

Рисунок 12 – Спектри частин халату хірургічного



а) – шапка; б) – бахіли

Рисунок 13 – Спектри досліджуваних зразків шапки та бахіл

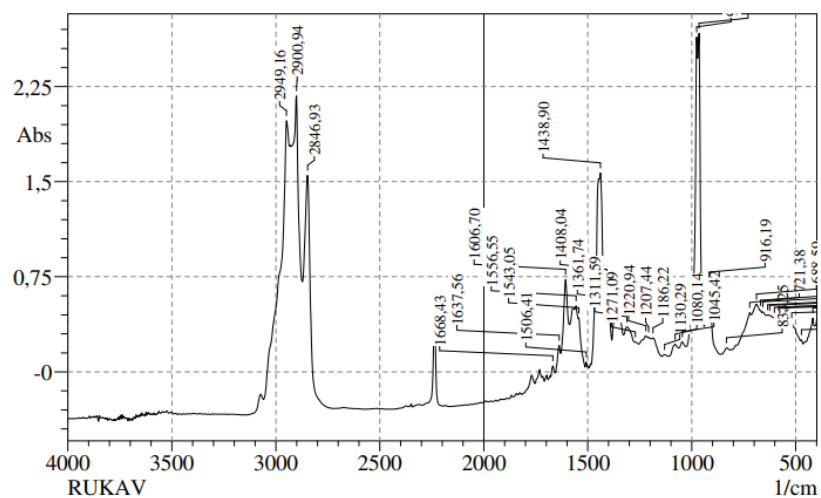


Рисунок 14 – Спектр досліджуваного зразку рукавиць

З рисунків наведених вище видно, халат хірургічний та шапочка мають подібні спектри і подібні характеристичні піки в тих самих областях спектрів. Це дозволяє зробити висновок, що вони виготовлені з одного і того ж самого матеріалу — поліпропілену.

Що стосується ІЧ-спектрів бахіл та рукавиць, вони відрізняються, оскільки ці засоби індивідуального захисту виготовлені з інших матеріалів.

Аналіз спектру досліджуваного зразку бахіл показав, що інтенсивними піками для даного засобу є 1433 см^{-1} , 1462 см^{-1} та 2910 см^{-1} . Згідно з інтерпретацією спектрів за довідковими даними смуги 1433 см^{-1} та 1462 см^{-1} перебувають в області коливань характеристичних для деформаційних коливань групи – CH_2 , а смуга 2910 см^{-1} валентних коливань зв'язків – CH .

Аналіз спектру досліджуваного зразку рукавиць показав, що до найінтенсивніших піків у області $2000\text{ см}^{-1} - 500\text{ см}^{-1}$ відповідають хвильові числа 976 см^{-1} , 1439 см^{-1} , 1408 см^{-1} ; у області $2500\text{ см}^{-1} - 2000\text{ см}^{-1}$ хвильове число 2243 см^{-1} ; у області $3000\text{ см}^{-1} - 2500\text{ см}^{-1}$ 3741 см^{-1} хвильові числа 2846 см^{-1} 2900 см^{-1} .

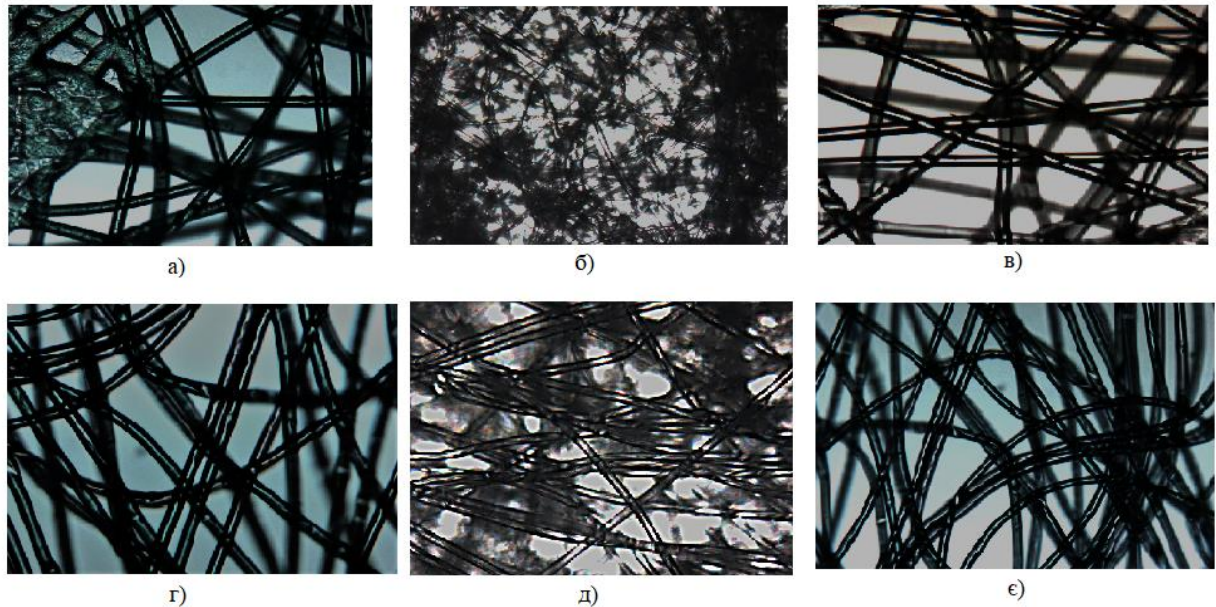
Згідно з довідковими даними смуги спектрів:

- при 976 см^{-1} перебувають в області коливань характеристичних для деформаційних коливань групи CH в алкенах;
- при 1408 см^{-1} та 1439 см^{-1} перебувають в області валентних коливань зв'язків – $\text{N}=\text{N}$ – ;
- при 2243 см^{-1} перебуває в області валентних коливань потрійного зв'язку – CN ;
- при 2846 см^{-1} та 2900 см^{-1} перебувають в області коливань характеристичних для деформаційних коливань групи $\text{C}-\text{H}$.

Порівняльний аналіз отриманих ІЧ-спектрів зразків бахіл та рукавиць зі спектрами поліетилену та нітрилу підтвердив твердження щодо якісного складу цих засобів індивідуального захисту.

Також для встановлення структури матеріалів було зроблено мікрофотографії волокон та матеріалів з яких виготовлені досліджувані

зразки. Мікрофотографії були зроблені за допомогою поляризаційного мікроскопу Axioskop 40A Pol, зі збільшенням у 100 разів з прохідним світлом. На рисунку 15 зображено мікрофотографії зразків матеріалів ЗІЗ.



а) 1 шар маски; б) 2 шар маски; в) 3 шар маски; г) основна частина халату хірургічного; д) зав'язка для халату хірургічного; е) шапочка

Рисунок 15 – Мікрофотографії зразків матеріалів ЗІЗ

Відповідно до рисунку 15 зрозуміло, що 1 та 3 шари маски разом з основною частиною халату та шапочкою мають однакову структуру матеріалів.

Після досліджень якісного складу матеріалів для виготовлення засобів індивідуального захисту та фізико-хімічних властивостей підтверджено, що матеріалом для виготовлення масок хірургічних, шапочок та халатів є поліпропілен, для бахіл – поліетилен, для рукавиць – нітрил.

3.2 Розробка комплексу заходів, щодо налагодження системи поводження з відходами ЗІЗ у Хмельницькій області

Існують різні варіанти щодо поводження з відходами ЗІЗ. В цілому, основні стратегічні рішення знаходяться між централізованою, і децентралізованою переробкою і типом технології, що застосовується. Варіант децентралізованої переробки передбачає, що кожен (основний) медичний заклад буде мати свої власні місцеві підрозділи по переробці відходів. За централізованого варіанту передбачена обмежена кількість підрозділів по переробці, яка буде облаштована в спеціально відведених місцях. Запропонована нами схема є централізованою. Вона має як переваги так і недоліки.

Переваги:

- менший обсяг інвестицій через зменшення кількості закладів по переробці;
- використання однієї будівлі для вторинного зберігання та переробки;
- обмежена кількість необхідного персоналу;
- коригувальне і профілактичне обслуговування простіше і економічно ефективніше.

Недоліки:

- додаткові ризики для навколишнього середовища та безпеки через транспортування небезпечних МВ;
- додаткові витрати, пов'язані з транспортуванням відходів;
- необхідно домовитися про місце для центральної станції переробки.

Першим етапом у визначенні того, що можна зробити, щоб поліпшити стан поводження з відходами ЗІЗ є визначення масштабу проблеми. З таблиці 9 можна зробити висновок, що загальна кількість утворення відходів ЗІЗ у Хмельницькій області за рік становить 235,2 т.

Не налагоджена система поводження з відходами ЗІЗ потенційно наближає працівників, пацієнтів і суспільство в цілому до ризиків поширення інфекції, а також ризиків, що спричиняють забруднення навколишнього середовища.

3.3 Розробка схеми утилізації ЗІЗ

На рисунку 16 представлена розроблена під час роботи система поводження з відходами ЗІЗ для Хмельницької області.

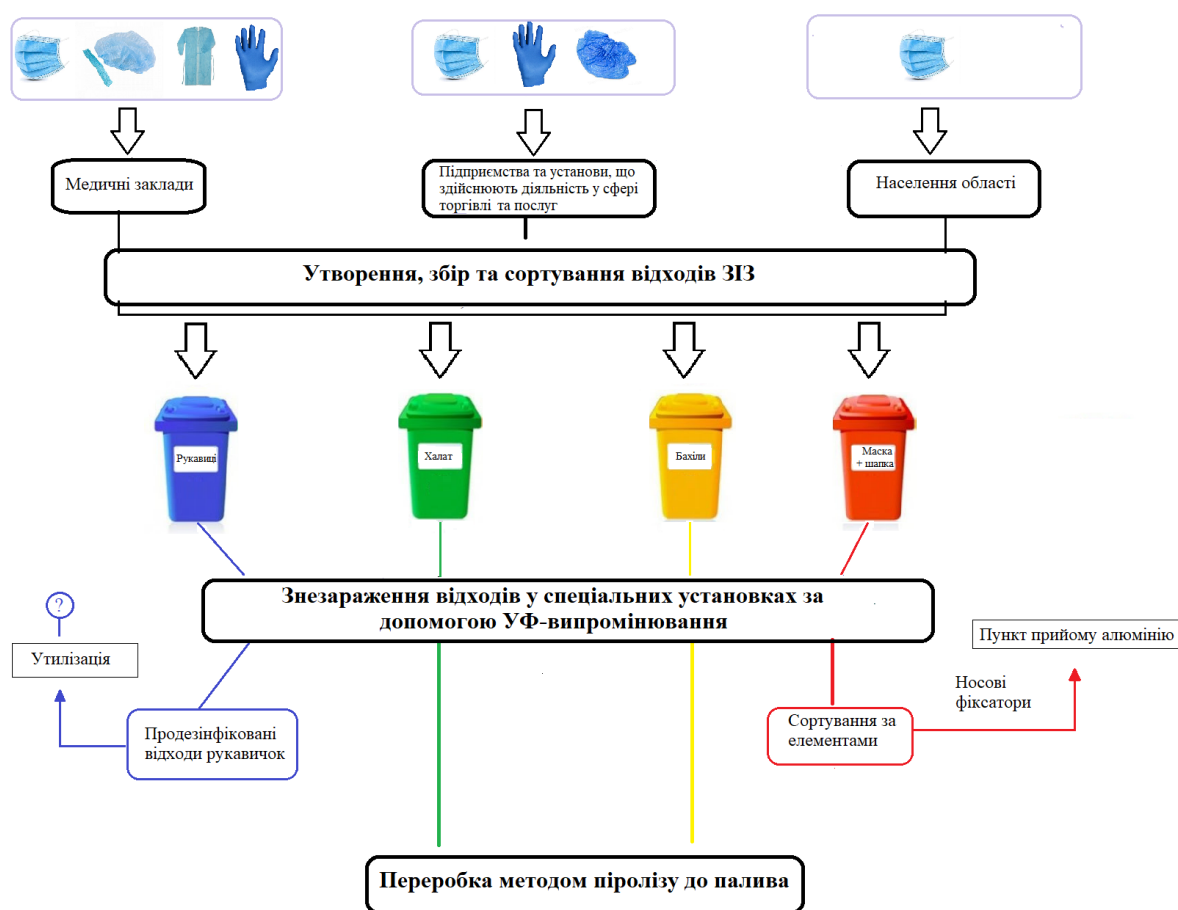


Рисунок 16 – Система поводження з відходами ЗІЗ

Спочатку, відходи ЗІЗ що утворюються в різних джерелах підлягають відділенню їх від інших відходів. Найбільш зручним способом є збирання відходів у спеціально відведені контейнери з кольоровим кодуванням. Для

відходів масок та шапочок – червоний контейнер, для відходів бахіл – жовтий, для відходів халатів – зелений, для відходів рукавиць – синій.

В урни та контейнери для збору відходів халатів, масок та шапочок повинні бути вкладені зелені або червоні (відповідно до кольору контейнеру) пакети зі спанбонду, в урнах для бахіл та рукавиць – поліетиленові пакети. Після усунення відходів із контейнера необхідно його очистити і продезінфікувати (система кругового потоку).

Передбачено, що для медичних закладів такі контейнери будуть призначені окремо для відходів COVID- відділень і будуть розміщені у кімнатах збору медичних відходів, та два контейнери при вході для бахіл та масок.

За такими джерелами утворення відходів як: підприємства та установи, що здійснюють діяльність у сфері торгівлі та послуг та людина у повсякденному житті раціональним рішенням буде розміщення контейнерів для збору у місцях максимального їх утворення та місцях великого потоку людей, тобто біля шкіл та торговельно-розважальних центрів, парків, базарів.

Оскільки шапочки захисні використовуються не так часто як маски, але складаються з одного і того ж самого матеріалу запропоновано збирати відходи даних засобів в один контейнер. Збір відходів з контейнерів для масок з шапочками та контейнерів для халатів буде здійснюватися 1 раз на два тижні, для інших контейнерів 1 раз на місяць спеціалізованим транспортом та робочими і буде транспортуватися до централізованого пункту переробки. Розташування цього пункту буде доцільним у Південно-Західному районі, поряд з компанією з енергозабезпечення. Таке розміщення є вигідним з огляду транспортного з'єднання та кількості території для розташування підприємства.

Транспортний маршрут для відходів ЗІЗ виглядає наступним чином: у великих джерелах генерації відходів збираються мішки з контейнерів та перевозять у пункт переробки.

Всі транспортні засоби, що перевозять відходи ЗІЗ за межі локації, де вони були утворені, повинні відповідати нормативним актам Європейської угоди про міжнародне перевезення небезпечних вантажів автомобільним транспортом. Ці правила окреслюють серед інших вимог обов'язкову підготовку водіїв для забезпечення правильного поводження з відходами в межах транспортних засобів. Транспортні засоби, що використовуються для перевезення таких відходів не повинні використовуватися для транспортування будь-якого іншого матеріалу. Для всіх перевезень відходів відповідна документація повинна бути надана.

Мішки для відходів можуть бути розміщені безпосередньо в транспортному засобі, але безпечніше розмістити їх у вторинних контейнерах. Відходи, які будуть перероблятися потребують того, щоб увесь час залишатися у своїй первинній упаковці.

По прибутті відходів у пункт переробки починається транспортування на склад прийому. Зі складу відходи транспортують у кімнати з УФ-дезінфекторами. УФ-технологія стерилізації має високу стерилізаційну потужність, безпечну та надійну експлуатацію, високу потужність інактивації бактерій та вірусів, і оскільки не додається хімічний агент, це не спричинить вторинне забруднення води та навколишнього середовища [39].

Запропоновано закупити дві машини для дезінфекції УФ-випромінюванням від французького виробника [40]. Дана установка є найбільш ефективною, і на жаль поки не має аналогів в Україні. Потужність даної установки становить 192 кг/зміну. На рисунку 17 зображена установка для знезараження УФ-випромінюванням.



Рисунок 17 – Установка для знезараження УФ-випромінюванням

Продезінфіковані відходи прямують на стадію сортування. Сортування відходів полягає у відділенні носового фіксатора від маски, резинок з шапочок та бахіл, і має проводитися вручну, спеціальним персоналом. Відходи халатів хірургічних не потребують сортування оскільки вони повністю виготовлені з одного матеріалу. Відділений носовий фіксатор буде збиратися в окремі контейнери і в подальшому транспортуватися у пункт збору алюмінію, відділені резинки будуть утилізовані. На даний момент не існує технологій переробки нітрилових рукавиць оскільки при переробці пошкоджуються захисні властивості матеріалу, тому продезінфіковані відходи слід також відправляти на утилізацію.

Після сортування вага відходів ЗІЗ, що безпосередньо будуть перероблені зменшиться, оскільки будуть вилучені деякі елементи з цих засобів. В таблиці 14 наведено кількості відходів за кожним ЗІЗ що потраплятимуть на знезараження та переробку.

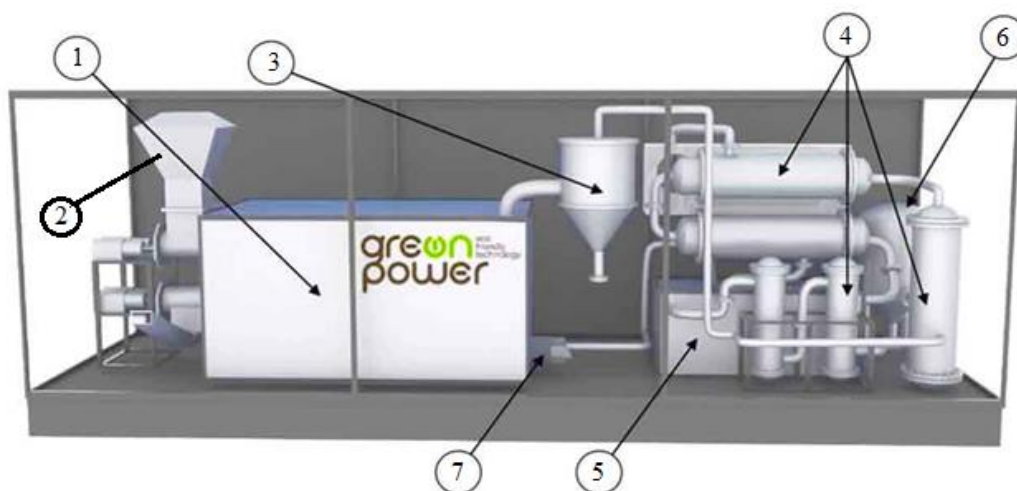
Таблиця 14 – Кількість відходів на різних стадіях системи поводження.

Назва ЗІЗ	Елемент ЗІЗ	Відсоток від основної маси одного засобу, %	Прогнозована кількість відходів потрапить на переробку		Кількість відходів, після сортування, т/день
			т/рік	т/день	
Маска	Основна частина	88	155	0,42	0,37
	Носовий фіксатор	6			0,025
	Вушні петлі	6			0,025
Шапочка	Основна частина	94,2	0,135	0,00054	0,0005
	резинка	5,8			0,00004
Халат	Основна частина	100	5	0,02	0,02
Бахіли	Основна частина	94,9	5,95	0,0238	0,023
	Резинка	5,1			0,001
Рукавиці	Основна частина	100	69,1	0,19	-

Стадія переробки передбачає собою піроліз у нафтопродукти преміум класу. Цей метод переробки було обрано через його актуальність, оскільки у всьому світі ведуться дослідження для отримання рідких продуктів із пластмас. Умови процесу для поліпропілену: піроліз при 300°C. Умови процесу для поліетилену: піроліз при 350°C .

Згідно таблиці 14 загальна кількість відходів що потраплять на стадію переробки становить 0,41 т/день або 151 т/рік.

Для цього необхідна одна установка для низькотемпературного піролізу. На рисунку 18 зображена установка для піролізу.



1 – установка карбонізації; 2 – ємкість для сировини; 3 – смоловідділювач; 4 – пристрої конденсації; 5 - накопичувальна ємкість для рідкого палива з рідинно-паливним насосом; 6 – гідрозатвор; 7 – газова лампа

Рисунок 18 – Установка для низькотемпературного піролізу

Основні технічні параметри установки для піролізу описані в таблиці 15.

Таблиця 15 – Технічні параметри установки для піролізу

Найменування параметру	Одиниця виміру	Значення
Режим установки	-	Циклічний або напів-безперервний
Зовнішнє електропостачання	В, Гц	2,8
Продуктивність по сировині	кг/зміну	450

Опис елементів установки карбонізації

1. Установка карбонізації «ЕККО». Включає дві камери, для зміщення екзотермічної і ендотермічної реакції, тобто в одній камері процес в активній фазі, а в інший в - пасивній, що істотно заощаджує паливо для забезпечення процесу.

2. Ємність для сировини, виготовлена з жаростійкої сталі, з порогом утворення окалини 850 °С.
3. Смоловідділювач. Пристрій для відділення важких фракцій вуглеводнів, з найвищими температурами конденсації.
4. Пристрої конденсації. Призначені для перетворення паро-газової суміші, що виділяється в результаті піролізу в рідко-паливної фракції.
5. Накопичувальна ємність для рідкого палива з рідинно-паливним насосом. Призначена для збору рідко-паливних фракцій після їх конденсації.
6. Гідрозатвор. Служить для стабілізації тиску в системі конденсації.
7. Газова лампа. Забезпечує спалювання неконденсованого піролізного газу з метою забезпечення виробничого процесу в установці.

Технологічний процес.

Сировина завантажується у спеціальні ємності, які закриваються, і потім завантажуються в камери установки карбонізації.

Спочатку установка карбонізації розігрівається з використанням допоміжного палива: дрова чи вугілля. Після того як установка входить в потрібний температурний режим, запускається газовий пальник, який працює на неконденсованому залишку продуктів піролізу.

В результаті піролізу утворюється парогазова суміш, яка під тиском виходить з вагонетки і направляється в смоло-відділювач. Залишки парогазової суміші, що не пройшли очищення та конденсацію, спалюються в газовому пальнику установки «ЕККО», забезпечуючи підтримку процесу. Внаслідок конденсації парогазової суміші утворюється рідко-паливна фракція — синтетична нафта, яка в свою чергу перекачується в накопичувальну ємність для зберігання.

Тривалість процесу піролізу в залежності від використовуваної сировини становить від 6 до 12 годин. По закінченню процесу, установка піролізу відкривається і за допомогою електричної лебідки відбувається переміщення вагонетки, яка герметизується і встановлюється на платформі

для охолодження. У свою чергу завантажена вагонетка новою порцією сировини встановлюється в звільнену камеру, після чого процес повторюється. Після повного охолодження в вагонетках (10-16 годин) вуглецевий залишок можуть вивантажувати з вагонетки [41].

Отримане паливо в результаті піролізу буде продаватися підприємствам, які експлуатують рідко-паливні пальники (асфальтові заводи, хімічні, металургійні, складувні підприємства, житлово-комунального господарства. Загальна конверсія аж до 98,66% (рідина – 69,82%; газ – 28,84% і залишок – 1,34%) досягається при 300°C у випадку поліпропілену і 98,12% (рідина – 80,88%; газ – 17,24% і залишок – 1,88%) у разі поліетилену при 350°C. Отримане паливо має характеристики близькі до звичайного палива. Властивості отриманого палива та властивості звичайного палива наведені в таблиці 16 [42].

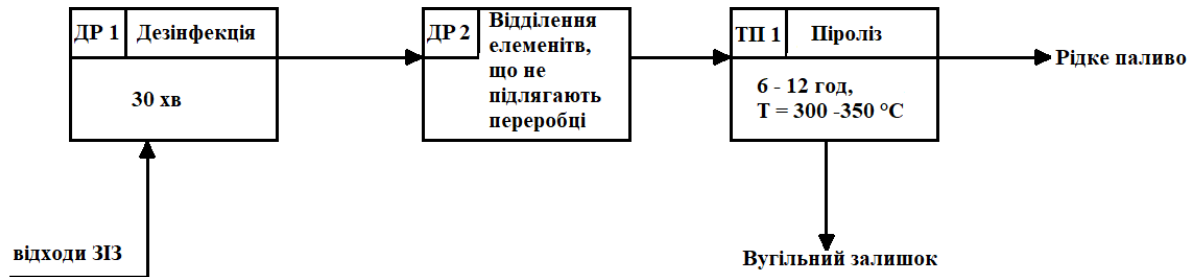
Таблиця 16 – Властивості отриманого палива у порівнянні з властивостями стандартного палива.

Параметр	Експериментальні значення		Стандартні значення	
	поліпропілен	поліетилен	бензин	дизель
	1	2	3	4
Щільність в градусах API, 60°F	33,03	27,48	55	38
Щільність при 15°C, г/см ³	0,86	0,89	0,780	0,807
Кінематична в'язкість, мм ² /с	4,09	5,08	1,17	1,9 – 4,1

Кінець таблиці 16

1	2	3	4	5
Загальна теплота згоряння, кДж/кг	-	-	42,5	43,0
Вуглецевий залишок, мас.%	-	-	0,14	0,35
Зола, мас.%	0,00	0,00	-	0,01
Цетанове число, хв	49,3	46,0	-	< 40
Октанове число (ОЧМ), хв	87,6	85,3	81– 85	-
Октанове число (ОЧД), хв	97,8	95,3	91 – 95	-
Температура застигання, °С	-9	-5	-	6
Температура спалаху, °С	30	48	42	52
Точка аніліну, °С	40	45	71	77,5
Дизельний індекс	34,35	31,05	-	40

Технологічна схема процесу утилізації відходів засобів індивідуального захисту зображено на рисунку 19 .

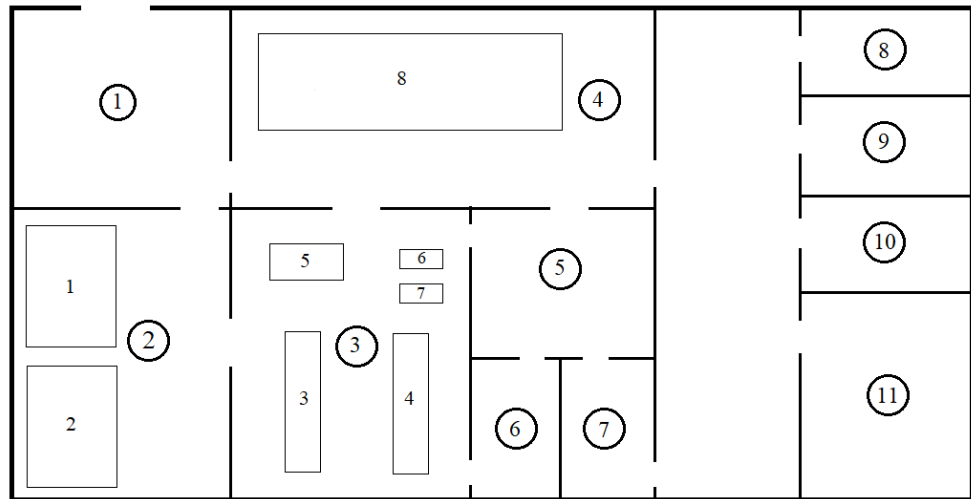


ДР1, ДР2 – стадії допоміжних робіт, ТП1 – стадія основного технологічного процесу

Рисунок 19 – Технологічна схема процесу утилізації відходів ЗІЗ

Розроблена система поводження з відходами ЗІЗ в джерелах їх утворення буде здійснюватися відповідно до кращих міжнародних практик і доступних технологій. Основна увага буде приділятися поділу відходів, на елементи, що підлягають переробці і не підлягають, для подальшого скорочення ризиків для навколишнього середовища і здоров'я населення країни.

На рисунку 20 зображено план приміщення виробництва зі знезараження та переробки засобів індивідуального захисту



1, 2 – установки для дезінфекції; 3, 4 – столи для сортування відходів ЗІЗ на елементи; 5 – контейнер для елементів ЗІЗ, що підлягають подальшій переробці; 6 – контейнер для носових фіксаторів; 7 – контейнер для рукавиць; 8 – установка для піролізу

Експлікація приміщень: 1 – склад прийому сировини; 2 – дільниця дезінфекції; 3 – дільниця сортування; 4 – дільниця основного технологічного процесу (піролізу); 5 – склад готової продукції; 6, 7 – кімнати для гігієни; 8 – кабінет директора та замісника директора; 9 – бухгалтерія; 10 – кабінет інженера технолога; 11 – службове приміщення

Рисунок 20 – План приміщення виробництва

3.4 Розрахунок економічних показників

Вартість реалізованої продукції визначено за формулою:

$$РП = \sum_{i=1}^n ОВ_i \cdot Ц_i, \quad (3.1)$$

де n – кількість видів продукції (послуг), які виготовляються (оброблюються) на підприємстві;

$ОВ_i$ – річна кількість продукції i -го виду, л;

$Ц_i$ – ціна i -го виду продукції, грн/л.

Розрахунок річної кількості продукції. Оскільки прогнозована кількість відходів, що безпосередньо буде перероблятися становить 151 т/рік, а вихід палива в установці для піролізу 70%, тоді річна кількість палива становитиме 105700 кг/рік. Враховуючи густину дизельного пального 0,83 кг/л, річна кількість виробленого палива становитиме 87731 л/рік.

Відповідно до формули (3.1) вартість реалізованої продукції становить:

$$РП = 87731 \cdot 30 = 2631930 \text{ грн}$$

Дані для розрахунку реалізованої продукції використано з попередніх розділів, а ціни по асортименту – з діючих підприємств. Дані розрахунків наведено у таблиці 17.

Таблиця 17 – Розрахунок обсягу реалізованої продукції (послуг) підприємства

Найменування продукції	Річна кількість виробів, л	Ціна за одиницю палива, грн	Вартість реалізованої продукції, грн
Рідке паливо	87731	30	2631930

Розрахунок чисельності робітників

Для визначення чисельності робітників розраховано корисний фонд робочого часу одного робітника на плановий рік. Для цього складено річний баланс робочого часу одного робітника за формою, розрахунки наведені в таблиці 18.

Таблиця 18 – Плановий баланс робочого часу одного робітника на 2021 рік

Показник	Всього за рік	Структура, %
Календарний фонд робочого часу, дні	365	-
Кількість неробочих днів, всього	113	-
у тому числі: вихідні дні	103	-
святкові дні	10	-
Табельний фонд робочого часу, дні	252	100
Невиходи на роботу, всього, дні	28	11
Явочний фонд часу, дні	224	89
Тривалість робочої зміни, годин	8	-
Корисний фонд робочого часу, годин	1792	-

За даними таблиці 17 розраховано:

1. Табельний фонд часу ($D_{\text{таб}}$) визначається як різниця між календарним фондом робочого часу і вихідними та святковими днями.

2. Явочний фонд часу одного робітника в днях визначається за формулою:

$$D_{\text{яв}} = D_{\text{таб}} - D_{\text{нев}}, \quad (3.2)$$

де $D_{\text{таб}}$ – табельний фонд часу, дні;

$D_{\text{нев}}$ – невиходи на роботу, всього, дні.

$$D_{\text{яв}} = 252 - 28 = 224 \text{ дні}$$

3. Корисний фонд робочого часу одного робітника на плановий рік визначається за формулою:

$$\Phi_{\text{пл}} = D_{\text{яв}} \cdot T_{\text{зм}}, \quad (3.3)$$

де $T_{\text{зм}}$ - тривалість робочої зміни, годин

$$\Phi_{\text{пл}} = 224 \cdot 8 = 1792 \text{ год}$$

За даними роботи визначено розрахункову і середньооблікову чисельність працівників підприємства, розподіливши їх за категоріями персоналу.

Середньооблікова чисельність робітників розраховується за формулою:

$$\mathcal{C}_p = \frac{\mathcal{C}_{\text{р.я}} \cdot 100}{100 - z} \quad (3.4)$$

де $\mathcal{C}_{\text{р.я}}$ – явочна чисельність робітників, осіб;

z – плановий процент невиходів на роботу, %.

$$\mathcal{C}_p = \frac{16 \cdot 100}{100 - 11} = 18 \text{ осіб}$$

Складено штатний розпис персоналу і визначено посадові обов'язки управлінського персоналу. Дані зведені у таблицю 19.

Таблиця 19 – Штатний розпис персоналу підприємства

Професія, посада працівника	Облікова чисельність, осіб
1	2
Основні виробничі робітники, всього	13
У тому числі:	
Оператор машини для дезінфекції	1
Працівник сортувального цеху	10
Оператор установки для піролізу	1
Помічник оператора установки для піролізу	1

Кінець таблиці 19

1	2
Допоміжні робітники, всього	3
У тому числі:	
Комірник складу	1
Прибиральниця	2
Персонал управління, всього	7
У тому числі:	
Начальник цеху дезінфекції та сортування	1
Начальник цеху піролізу	1
Начальник господарства складського	1
Головний бухгалтер (замісник директора)	1
Бухгалтер	1
Інженер -технолог	1
Директор підприємства	1
Всього	23

Розраховано прямий, годинний і річний фонди заробітної плати робітників підприємства (годинні тарифні ставки прийняті на основі чинної тарифної системи оплати праці; також прийнято, що основні робітники працюють за відрядною системою оплати праці, а допоміжні – за почасовою).

Прямий фонд заробітної плати робітників відрядників визначається за формулою:

$$\Phi ЗП_{\text{пр.в}} = T_{\text{ст1}} \cdot k_{\text{м.сер}} \cdot T_{\text{пр}}, \quad (3.5)$$

де $T_{\text{ст1}}$ – годинна тарифна ставка першого розряду, грн/год.;

$k_{\text{м.сер}}$ – середній тарифний коефіцієнт роботи;

$T_{\text{пр}}$ – трудомісткість виробничої програми, норма-годин

розраховується за формулою:

$$T_{\text{пр}} = \sum_{i=1}^n t_i \cdot OB_i, \quad (3.6)$$

де t_i – тривалість обробки i -го виду продукції, год/л;

OB_i – річна кількість продукції (послуг) i -го виду, од. (кг);

n – кількість видів продукції (послуг), які виготовляються (оброблюються) на підприємстві.

$$T_{\text{пр}} = 0,05 \cdot 87731 = 4387 \text{ нормо – годин}$$

$$\Phi\text{ПЗ}_{\text{пр.в}} = 36,11 \cdot 0,72 \cdot 4387 = 114058 \text{ грн}$$

Розраховано тарифний фонд заробітної плати допоміжних робітників підприємства за почасовою системою оплати праці за формулою:

$$\Phi\text{ЗП}_{\text{тар.п}} = \sum_{i=1}^n Ч_{\text{п}i} \cdot T_{\text{ст}i} \cdot \Phi_{\text{пл}} \quad (3.7)$$

де $Ч_{\text{п}i}$ – чисельність допоміжних робітників за професіями, які отримують зарплату за почасовою системою, осіб;

$T_{\text{ст}i}$ – годинна тарифна ставка почасового робітника i -го розряду, грн/год.;

$\Phi_{\text{пл}}$ – корисний фонд часу одного робітника у плановому році, годин.

Дані розрахунків наведені у таблиці 20:

Таблиця 20 – Тарифний фонд заробітної плати допоміжних робітників

Професія робітника	Чисельність робітників, осіб	Розряд робітника	Годинна тарифна ставка, грн	Корисний фонд робочого часу робітника, год	Тарифний фонд заробітної плати
Комірник складу	1	2	39,36	1792	70533
Прибиральниця	2	1	36,11	1792	129418
Всього					199951

Прямий фонд заробітної плати робітників підприємства розраховано за допомогою формули:

$$\Phi ЗП_{\text{пр}} = \Phi ЗП_{\text{пр.в}} + \Phi ЗП_{\text{тар.п}} \quad (3.8)$$

$$\Phi ЗП_{\text{пр}} = 114058 + 199951 = 314009 \text{ грн}$$

Годинний фонд заробітної плати робітників розраховано за допомогою формули:

$$\Phi ЗП_{\text{г}} = \Phi ЗП_{\text{пр}} + П_{\text{р}} \quad (3.9)$$

де $П_{\text{р}}$ – величина премії робітникам, грн, що розраховано за формулою:

$$П_{\text{р}} = \frac{\Phi ЗП_{\text{пр}} \cdot П_{\text{р}\%}}{100} \quad (3.10)$$

де $П_{\text{р}\%}$ – запланований відсоток премії робітникам (розмір премії, передбачено 10% від прямого фонду заробітної плати).

$$П_{\text{р}} = \frac{314009 \cdot 10}{100} = 31401 \text{ грн}$$

$$\Phi ЗП_{\text{г}} = 314009 + 31401 = 345410 \text{ грн}$$

Річний фонд заробітної плати робітників розраховано за формулою:

$$\Phi ЗП_{\text{р}} = 1,06 \cdot \Phi ЗП_{\text{г}} \quad (3.11)$$

$$\Phi ЗП_{\text{р}} = 1,06 \cdot 345410 = 366135$$

Фонд заробітної плати персоналу управління визначено за формулою:

$$\Phi ЗП_{\text{упр}} = \sum_{i=1}^n Ч_{\text{упр},i} \cdot 12 \cdot О_{К_i} + \sum_{i=1}^n П_{р \text{ упр},i} \quad (3.12)$$

де $Ч_{\text{упр},i}$ – чисельність i -ї категорії персоналу управління (керівників, фахівців та службовців), осіб;

$О_{К_i}$ – місячний посадовий оклад i -ї категорії персоналу управління, грн;

$П_{р \text{ упр},i}$ – величина премії i -ї категорії персоналу управління, грн; (розмір премії передбачено 10% від річної заробітної плати персоналу управління).

Дані розрахунку наведені у таблиці 21.

Таблиця 21 – Фонд заробітної плати персоналу управління

Посада працівника	Категорія персоналу	Чисельність працівників, осіб	Місячний посадовий оклад, грн	ФЗП _{рік} , грн	П _р , грн	ФЗП _{упр} , грн
Директор	8	1	9500	1140000	11400	125400
Інженер-технолог	4	1	8000	96000	9600	105600
Головний бухгалтер	6	1	8000	96000	9600	105600
Бухгалтер	4	1	7500	90000	9000	99000
Начальник дільниці сортування та дезінфекції	6	1	7500	90000	9000	99000
Начальник дільниці піролізу	6	1	7500	90000	9000	99000
Начальник господарства складського	6	1	7500	90000	9000	99000
Разом						732600

Загальний фонд заробітної плати всіх працівників підприємства розраховано за формулою:

$$\Phi ЗП_{\text{заг}} = \Phi ЗП_{\text{р}} + \Phi ЗП_{\text{упр}} \quad (3.13)$$

$$\Phi ЗП_{\text{заг}} = 366135 + 732600 = 1098735 \text{ грн}$$

Зведений план з праці та заробітної плати розрахований на основі середніх показників за продуктивністю праці та зарплатою наведений в таблиці 22.

Таблиця 22 – Зведений план з праці та заробітної плати

Показник	Одиниця виміру	Розрахункова формула	Значення показника
1	2	3	4
Обсяг реалізованої продукції	грн	$РП$	2631930
Чисельність працівників	осіб	$Ч$	23
У тому числі робітників	осіб	$ч_{\text{р}}$	16
Середньорічний виробіток одного працівника	грн	$ПП = \frac{РП}{Ч}$	114432
Середньорічний виробіток одного робітника	грн	$ПП_{\text{р}} = \frac{РП}{ч_{\text{р}}}$	164496
Загальний фонд заробітної плати працівників	грн	$\Phi ЗП_{\text{заг}}$	1098735
Фонд заробітної плати робітників	грн	$\Phi ЗП_{\text{р}}$	366135

Кінець таблиці 22

1	2	3	4
Середньорічна заробітна плата одного працівника	грн	$ЗП = \frac{\Phi ЗП_{заг}}{Ч}$	47771
Середньорічна заробітна плата одного робітника	грн	$ЗП_p = \frac{\Phi ЗП_p}{Ч_p}$	22883

Використовуючи дані про заплановані обсяги виробництва, а також про склад основного і допоміжного обладнання та його використання у часі, визначено потребу підприємства в основних і допоміжних матеріалах та енергії усіх видів (у натуральному та вартісному виразах), дані розрахунків наведені в таблиці 23.

Таблиця 23 – Розрахунок необхідної кількості і вартості матеріальних ресурсів

Найменування матеріальних ресурсів	Витрати матеріальних ресурсів у зміну, нат.од	Річні витрати матеріальних ресурсів, нат.од	Ціна за одиницю матеріального ресурсу, грн/нат.од	Вартість, грн
1	2	3	4	5
Вугілля деревне	10	2520	25	63000
Пластикова каністра для палива	24	6048	60	362880
Коробка картонна	3	756	11	8316

Кінець таблиці 23

1	2	3	4	5
Електроенергія на тех. потреби	120,8	30442	1,68	51142
Електроенергія побутова	76,4	19253	1,44	27724
Вода на господарсько-побутові потреби	0,58	146	25,62	3745
Всього				516807

Річні витрати матеріальних ресурсів розраховано за формулою:

$$V_{M_{\text{річ}}} = V_{M_{\text{зм}}} \cdot n_{\text{зм}} \cdot D_{\text{р}}, \quad (3.14)$$

де $V_{M_{\text{зм}}}$ – витрати матеріальних ресурсів у зміну, нат. од.;

$n_{\text{зм}}$ – число змін роботи підприємства;

$D_{\text{р}}$ – число робочих днів роботи підприємства за рік.

Вартість матеріальних ресурсів розраховано за формулою:

$$V_M = V_{M_{\text{річ}}} \cdot C_M \quad (3.15)$$

де C_M – ціна за одиницю матеріального ресурсу, грн/нат. од.

Розрахунок відрахувань на соціальні заходи проведено за даними

таблиці 22 та за формулою:

$$V_{\text{соц}} = 0,37 \cdot \PhiЗП_{\text{заг}}, \quad (3.16)$$

$$V_{\text{соц}} = 0,37 \cdot 1098735 = 406532 \text{ грн}$$

Розрахунок вартості виробничого обладнання і амортизації наведено в таблиці 24.

Таблиця 24 – Розрахунок вартості і амортизації виробничого обладнання

Вид обладнання	Кількість обладнання, од	Вартість одиниці обладнання, грн	Загальна вартість обладнання, грн	Річна норма амортизації, %	Сума амортизаційних відрахувань, грн
Установка для піролізу	1	460000	460000	7	32200
Установка для дезінфекції	2	245700	491400	7	34398
Всього		705700	951400	-	66598

Сума амортизаційних відрахувань розрахована за формулою:

$$A = \frac{V_{\text{обл}} \cdot H_a}{100}, \quad (3.17)$$

де $V_{\text{обл}}$ – загальна вартість обладнання (капітальні витрати), грн;

H_a – річна норма амортизації, %.

$$A = \frac{951400 \cdot 7}{100} = 66598 \text{ грн}$$

Кошторис витрат підприємства наведений в таблиці 25.

Таблиця 25 – Кошторис витрат підприємства

Елемент витрат	Сума, грн
Матеріальні витрати	516807
Витрати на оплату праці	1098735
Відрахування на соціальні заходи	406532
Амортизація основних фондів	66598
Всього	2088672

Розрахунок прибутку підприємства проведено за формулою:

$$P_{\text{під}} = RP - V_{\text{під}} \quad (3.18)$$

де RP – вартість реалізованої продукції підприємства, грн;

$V_{\text{під}}$ – загальні витрати підприємства за кошторисом, грн.

$$P_{\text{під}} = 2631930 - 2088672 = 543258 \text{ грн}$$

Використовуючи результати вище наведених розрахунків, складено калькуляцію собівартості обробки одиниці виробу та наведено у таблиці 26.

Таблиця 26 – Планова калькуляція обробки одиниці виробу

Стаття витрат	Норма витрат матеріалу, нат. од	Ціна одиниці матеріалу, грн	Сума, грн
1	2	3	4
Вугілля деревне	0,01	45	0,63
Пластикова каністра	0,024	60	1,44
Картонна коробка	0,003	11	0,033
Всього вартість сировини та матеріалів			1,923
Вартість електроенергії	0,12	1,68	0,20
Вартість води	0,08	25,38	1,96
Основна зарплата виробничих робітників			4,17
Додаткова зарплата виробничих робітників			0,25
Відрахування на соціальні заходи			1,64
Загальновиробничі витрати			4,17
Адміністративні витрати			5,42
Всього виробнича собівартість			19,73

Кінець таблиці 26

1	2	3	4
Всього повна собівартість			21,7

Основні матеріали є відходами, тому їх вартість становить 0 грн і витрат на них немає.

Витрати на основні і допоміжні матеріали розраховано за формулою :

$$V_M = N_M \cdot C_M, \quad (3.19)$$

де N_M – норма витрат матеріалу на одиницю продукції, нат. од.;

C_M – ціна за одиницю матеріалу, грн.

$$V_M = 0,01 \cdot 45 + 0,024 \cdot 60 + 0,003 \cdot 11 = 1,923 \text{ грн}$$

Витрати на енергію технологічну розраховано за формулою:

$$V_{BH} = N_{BH} \cdot C_{BH} \quad (3.20)$$

де N_{BH} – норма витрат технологічної енергії на одиницю виробу, кВт (м³, кг);

C_{BH} – ціна 1 кВт (м³, кг) технологічної енергії, грн.

Відповідно витрати на:

- електроенергію:

$$V_{BH} = 0,12 \cdot 1,68 = 0,20$$

- воду

$$V_{BH} = 0,08 \cdot 25,62 = 1,96$$

Витрати на основну заробітну плату основних виробничих робітників розраховано за формулою:

$$ЗП_о = \frac{\Phi ЗП_p}{\Pi} \quad (3.21)$$

$$ЗП_о = \frac{366135}{87731} = 4,17 \text{ грн}$$

Витрати на додаткову заробітну плату виробничих робітників розраховано за формулою:

$$ЗП_д = ЗП_о \cdot \frac{a_{ЗП_д}}{100}, \quad (3.22)$$

де $a_{ЗП_д}$ – відсоток додаткової заробітної плати, $a_{ЗП_д} = 6 \%$.

$$ЗП_д = 4,17 \cdot \frac{6}{100} = 0,25 \text{ грн}$$

Відрахування на соціальні заходи:

$$В_{соц} = 0,37 \cdot (ЗП_о + ЗП_д) = 0,37 \cdot (4,17 + 0,25) = 1,64 \text{ грн}$$

Загальновиробничі витрати розраховано за формулою:

$$В_{вир} = ЗП_о \cdot \frac{a_{вир}}{100}, \quad (3.23)$$

де $a_{вир}$ – відсоток загальновиробничих або цехових витрат, (за даними підприємства 100%), %.

$$V_{\text{вир}} = 4,17 \cdot \frac{100}{100} = 4,17$$

Адміністративні витрати розраховано за формулою:

$$V_{\text{адм}} = 3\Pi_0 \cdot \frac{a_{\text{адм}}}{100}, \quad (3.24)$$

де $a_{\text{адм}}$ – відсоток адміністративних витрат (за даними підприємства), %.

$$V_{\text{адм}} = 4,17 \cdot \frac{130}{100} = 5,42$$

Виробнича собівартість одного виробу розраховано за формулою:

$$C_{\text{вир}} = V_{\text{м}} + V_{\text{ен}} + 3\Pi_0 + 3\Pi_{\text{д}} + V_{\text{соц}} + V_{\text{вир}} + V_{\text{адм}} \quad (3.25)$$

$$C_{\text{вир}} = 1,923 + 0,20 + 1,96 + 4,17 + 0,25 + 1,64 + 4,17 + 5,42 = 19,73 \text{ грн}$$

Витрати на збут одиниці виробу (позавиробничі) розраховано за формулою:

$$V_{\text{зб}} = C_{\text{вир}} \cdot \frac{a_{\text{зб}}}{100}, \quad (3.26)$$

де $a_{\text{зб}}$ – відсоток витрат на збут одиниці виробу (позавиробничі витрати), (за даними підприємства 10%), %.

$$V_{\text{зб}} = 19,73 \cdot \frac{10}{100} = 1,973$$

Повна собівартість одиниці продукції розрахована за формулою:

$$C_{\pi} = C_{\text{вир}} + B_{\text{зб}} \quad (3.27)$$

$$C_{\pi} = 19,73 + 1,973 = 21,7 \text{ грн}$$

Прибуток на одиницю продукції розраховується за формулою:

$$P_{\text{од}} = \Pi - C_{\pi} \quad (3.28)$$

де Π – ціна одиниці палива (без ПДВ), грн.

$$P_{\text{од}} = 30 - 21,7 = 8,3 \text{ грн}$$

Рентабельність виробу розраховується за формулою:

$$P_{\text{од}} = \frac{P_{\text{од}}}{C_{\pi}} \cdot 100 \quad (3.29)$$

$$P_{\text{од}} = \frac{8,3}{21,7} \cdot 100 = 38,2 \%$$

Для оцінки ефективності роботи проектного підприємства складено таблицю 27 основних техніко-економічних показників.

Таблиця 27 – Основні техніко-економічні показники підприємства

Показник	Одиниці виміру	Значення показника
Обсяг реалізованих послуг		
в натуральному виразі	л	87731
в вартісному виразі	грн	2631930
Чисельність працівників	осіб	23
у тому числі робітників		16
Середньорічний виробіток		
одного працівника	грн./особу	114432
одного робітника		169496
Загальний фонд заробітної плати працівників	грн	1098735
Річний фонд заробітної плати робітників	грн	366135
Середньорічна заробітна плата		
одного працівника	грн	47771
одного робітника		22883
Загальні витрати підприємства	грн	2088672
Витратомісткість продукції	грн./грн	0,8
Прибуток до оподаткування	грн	543258
Рентабельність		
витрат	%	26
доходу		21
Капітальні витрати	грн	951400
Термін окупності капітальних витрат	років	1,75
Собівартість обробки виробу	грн	21,7
Рентабельність виробу	%	38

Розрахунок показників ефективності

Витратомісткість (витрати на 1 грн реалізованої продукції) розраховується за формулою:

$$BM = \frac{B_{\text{під}}}{РП} \quad (3.30)$$

$$BM = \frac{2088672}{2631930} = 0,8$$

Рентабельність розраховується за формулою:

– для витрат:

$$P_{\text{в}} = \frac{\Pi_{\text{під}}}{B_{\text{під}}} \cdot 100 \quad (3.31)$$

$$P_{\text{в}} = \frac{543258}{2088672} \cdot 100 = 26 \%$$

– для доходу:

$$P_{\text{д}} = \frac{\Pi_{\text{під}}}{РП} \cdot 100 \quad (3.32)$$

$$P_{\text{д}} = \frac{543258}{2631930} \cdot 100 = 21 \%$$

Термін окупності капітальних витрат розраховано за формулою:

$$T_{\text{ок}} = \frac{B_{\text{обл}}}{\Pi_{\text{під}}} \quad (3.33)$$

$$T_{\text{ок}} = \frac{951400}{543258} = 1,75 \text{ років}$$

Після проведених економічних розрахунків підприємства з переробки відходів ЗІЗ у паливо було визначено що підприємство цілком рентабельне (рентабельність доходу 21 %) і окупиться всього за 1,75 років.

Висновки до розділу 3:

- проведено якісний аналіз матеріалів засобів індивідуального захисту за допомогою таких методів досліджень, як дослідження поведінки зразків у полум'ї та у розчинниках; дослідження ІЧ-спектрів; дослідження мікроструктури матеріалів. За результатами досліджень визначено, що матеріалом для виробництва масок, халатів, та шапочок є поліпропілен, для бахіл – поліетилен та для рукавиць – нітрил;
- розроблена система поводження з відходами ЗІЗ у Хмельницькій області, яка включає в себе знезараження відходів за допомогою ультрафіолетового випромінювання, сортування відходів на елементи, та їх переробці у біодизель за допомогою піролізу;
- наведені характеристики отриманого палива;
- запропоновано план приміщення підприємства з переробки та технологічну схему процесу;
- розраховано економічні показники. За результатами розрахунків визначено, що підприємство з переробки є економічно доцільним, оскільки рентабельність доходу становить 21 %, а термін окупності підприємства всього лиш 1,75 років.

Висновки

Відповідно до мети і поставлених завдань у роботі проаналізовано світові практики поводження з відходами засобів індивідуального захисту за ланками загальної системи поводження з відходами.

Визначені джерела утворення відходів ЗІЗ, які являють собою: заклади охорони здоров'я; підприємства, що ведуть діяльність у сфері торгівлі та послуг; косметологічні кабінети; заклади освіти; людина у повсякденному житті.

Визначені об'єкти дослідження, які являють собою: маски, халати, бахіли, шапочки та рукавички та наведені їх характеристики. Також розраховано кількості утворення відходів ЗІЗ за кожним об'єктом дослідження. Наведені токсикологічні властивості прогнозованих матеріалів, що використовуються для виробництва ЗІЗ. Визначені методики дослідження якісних характеристик відходів, методики дослідження кількісного складу відходів ЗІЗ.

Встановлено, що утилізації відходів ЗІЗ приділяють недостатньо уваги, і система поводження з такими відходами потребує вдосконалення.

Для розробки інженерних рішень у сфері поводження з такими відходами дослідним шляхом підтверджено прогнозований склад відходів ЗІЗ. Основним матеріалом для виготовлення масок, халатів та шапочок є поліпропілен, для бахіл – поліетилен та нітрил для рукавичок. В загальному відходи даних засобів індивідуального захисту у Хмельницькій області утворюються у кількості 235 т/рік.

Розроблено схему поводження з відходами ЗІЗ для Хмельницької області, основними етапами якої є: сортування відходів в окремі контейнери; знезараження відходів за допомогою ультрафіолетового випромінювання; сортування ЗІЗ на елементи; переробка відходів до біодизелю за допомогою піролізу. Наведені характеристики отриманого палива, які майже на рівні зі звичайним дизельним паливом. При наведеній вище кількості утворення

відходів, за рік може бути виготовлено 87731 л біодизелю, що може зможе зменшити негативний вплив на навколишнє середовище.

Розраховано економічні показники для підприємства з переробки. За результатами розрахунків визначено що підприємство окупить себе всього лиш за 1,75 років, а рентабельність його доходу складає 21%.

Перелік джерел посилання

1. Як COVID-19 впливає на навколишнє середовище? [Електронний ресурс]. – 2021. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.bdo.ua/uk-ua/insights-2/information-materials/2021/how-does-covid-19-impact-the-environment>.
2. Fadare O. O. Covid-19 face masks: A potential source of microplastic fibers in the environment / O. O. Fadare, E. D. Okoffo. // Science of The Total Environment. – 2020. – №737 [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.bdo.ua/uk-ua/insights-2/information-materials/2021/how-does-covid-19-impact-the-environment>.
3. І.В. Гуріна. Аналіз сучасних підходів до класифікації медичних відходів в Україні // Ліки України. 2014. №4. С. 51-54.
4. Про затвердження Технічного регламенту засобів індивідуального захисту [Електронний ресурс]. – 2008. – Режим доступу до ресурсу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/761-2008-%D0%BF#Text>.
5. Форма річного плану закупівель засобів індивідуального захисту [Електронний ресурс]. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://prozorro.gov.ua/plan/UA-P-2020-06-12-003549-b>.
6. Personal protective equipment for use in a filovirus disease outbreak: rapid advice guideline. // World Health Organization, 2016. Licence: CC BY-NC-SA 3.0. – С. 71 [Електронний ресурс]. – 2016. – Режим доступу до ресурсу: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/251426/9789241549721-eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
7. Види бахіл та їх особливості [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://venetomed.com/vidy-bahil-i-ih-osobennosti/>.
8. Impact of COVID 19 Pandemic on the World Environment / M. N.Rashed, A. Hussein, I. Asmaa, I. Galal. // Aswan University Journal of Environmental Studies. – 2020. – №1. – С. 3–12 [Електронний ресурс]

– Режим доступу до ресурсу:

https://aujes.journals.ekb.eg/article_124527.html

9. Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council of 19 Nov 2008 on waste and repealing certain Directives [Електронний ресурс]. – 2008. – Режим доступу до ресурсу: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32008L0098>.
10. Deer R. The growing waste & recycling problems from PPE, masks, and COVID-19 / Ryan Deer. // *Plastics, Thought Leadership, Hard-to-recycle*. – 2021 [Електронний ресурс]. – 2021. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.roadrunnerwm.com/blog/impact-of-ppe-waste>.
11. Державні санітарно-протиепідемічні правила і норми щодо поводження з медичними відходами: затверджено наказом Міністерства Охорони Здоров'я України від 08.06.2015 № 325 // Міністерство Охорони Здоров'я 89 України. [Електронний ресурс]. – 2015. – Режим доступу до ресурсу: <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/z0959-15/>
12. Оцінка практики поводження з медичними відходами (ПМВ) в закладах охорони здоров'я України [Електронний ресурс]. – 2019. – Режим доступу до ресурсу: https://www.ua.undp.org/content/ukraine/uk/home/library/democratic_governance/waste-management-practices-in-hospitals-in-Ukraine.html.
13. A Locminé, des masques usagés recyclés en matériel scolaire [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://actu.fr/bretagne/locmine_56117/a-locmine-des-masques-usages-recycles-en-materiel-scolaire_42926543.html.
14. Disposal of Personal Protective Equipment during the COVID-19 Pandemic Is a Challenge for Waste Collection Companies and Society: A Case Study in Poland [Електронний ресурс] / [P. Nowakowski, S. Kusnierz, P. Sosna та ін.]. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.mdpi.com/2079-9276/9/10/116>.

15. TerraCycle offers PPE recycling program [Електронний ресурс]. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.recyclingtoday.com/article/terracycle-ppe-recycling-easypak-containers/>.
16. Про затвердження Державних санітарно-протиепідемічних правил і норм щодо поводження з медичними відходами [Електронний ресурс]. – 2015. – Режим доступу до ресурсу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/%20z0959-15#Text>.
17. Machine d'assainissement en masse des masques jetable : la solution la plus performante et écologique pour les professionnels du recyclage. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.uvmobi.com/copie-de-tunnel-uvc>.
18. Tadele A. A. Current plastics pollution threats due to COVID-19 and its possible mitigation techniques: a waste-to-energy conversion via Pyrolysis / A. A. Tadele, A. M. Bassazin. // Environmental Systems Research. – 2021. – №8. – С. 20 [Електронний ресурс]. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://environmentalsystemsresearch.springeropen.com/articles/10.1186/s40068-020-00217-x>.
19. Doile A. Pilot project develops process to recycle single-use face masks [Електронний ресурс] / Amanda Doile // The Chemical Engineer. – 2021. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.thechemicalengineer.com/news/pilot-project-develops-process-to-recycle-single-use-face-masks/>.
20. Delbert C. Your Face Mask in the Garbage Could Make a Great Biofuel [Електронний ресурс] / Caroline Delbert // Popular Mechanics. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.popularmechanics.com/science/a33512499/face-mask-ppe-biofuel/>.

21. French company works to recycle masks into PPE [Электронный ресурс]. – 2020. – Режим доступа до ресурсу: <https://www.koin.com/news/health/coronavirus/french-company-works-to-recycle-masks-into-ppe/>.
22. Photocatalytic degradation of polypropylene film using TiO₂-based nanomaterials under solar irradiation / [R. Verma, S. Singh, M. K. Dalai та ін.]. // Materials and Design. – 2017. – №133. – С. 10–18. [Электронный ресурс]. – Режим доступа до ресурсу: https://inis.iaea.org/search/search.aspx?orig_q=RN:51072358.
23. Gamil M. S. Assessment of the reuse of Covid-19 healthy personal protective materials in enhancing geotechnical properties of Najran's soil for road construction: Numerical and experimental study / M. S. Gamil, E. A. Ahmed. // Journal of Cleaner Production. – 2020. – №320. [Электронный ресурс]. – 2021. – Режим доступа до ресурсу: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095965262102970X?via%3Dihub>.
24. Face mask and medical waste disposal during the novel COVID-19 pandemic in Asia. // Elsevier Public Health Emergency Collection. – 2020 [Электронный ресурс]. – 2020. – Режим доступа до ресурсу: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7543915/>.
25. Защита медперсонала на осмотре и в операционной – одноразовый медицинский халат Источник: <https://fufayka.net/odezhda-i-obuv/medicinskaya/xalat-odnorazovuj.html> [Электронный ресурс]. – 2015. – Режим доступа до ресурсу: <https://fufayka.net/odezhda-i-obuv/medicinskaya/xalat-odnorazovuj.html>.
26. МЕДИЧНА ШАПОЧКА-БЕРЕТ ОДНОРАЗОВА [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://protech-plus.com.ua/catalog/maski-ta-shapochki/medichna-shapochka-beret-odnorazova>.

27. Одежда специального назначения [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://sente-lab.com/products/odyag-speczalnogo-priznachennya.html>.
28. Nzediegwu C. Improper solid waste management increases potential for COVID-19 spread in developing countries / C. Nzediegwu, S. Chang. // Elsevier Public Health Emergencys Collection. – 2020. – С. 161 [Электронный ресурс]. – 2020. – Режим доступа до ресурсу: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7221374/>.
29. Facemask shortage and the novel coronavirus disease (COVID-19) outbreak: Reflections on public health measures / W. Huai-liang, J. Huang, C. Zhang, Z. He. // Elsevier EClinicalMedicine. – 2020. – №129293. – С. 21. [Электронный ресурс]. – 2020. – Режим доступа до ресурсу: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7129293/>.
30. Вікова структура населення (1989-2021) [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.lv.ukrstat.gov.ua/dem/piramid/all.php>.
31. Перелік об'єктів спільної власності територіальних громад Хмельницької області, які знаходяться в управлінні Хмельницької обласної ради (станом на 01.09.2021). Заклади охорони здоров'я [Електронний ресурс] // Хмельницька обласна рада. – 2021. – Режим доступу до ресурсу: <https://km-oblrada.gov.ua/komunalna-vlasnist/zakladi-oxoroni-zdorovya/>.
32. ПАСПОРТ БЕЗОПАСНОСТИ (в соответствии с Регламентом (ЕС) № 1907/2006 (REACH) и внесенной в Регламент (Евросоюз) поправкой 2015/830). Полипропилен [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: https://www.molgroupchemicals.com/userfiles/catalog/msds/TIPPLEN/MSDS_TIPPLEN_RU_v4_0.pdf.
33. ПАСПОРТ БЕЗОПАСНОСТИ (в соответствии с Регламентом (ЕС) № 2015/830). Полиэтилен [Электронный ресурс] – Режим доступа до

ресурсу:

https://slovnaft.sk/images/slovnaft/pdf/obchodni_partneri/vyrobky/PLASTY/vyrobky/karta_bezpecnostnych_udajov/MSDS_TIPOLEN_RU_v3_0.pdf.

34. Top glove sdn. bhd. safety data sheet nitrile disposable glove [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.espocatalogue.org/eSupply/COSHH/19720.pdf>.
35. “АНАЛІЗ ПОЛІМЕРІВ” [Електронний ресурс]. – 2019. – Режим доступу до ресурсу: <https://kc.pnu.edu.ua/wp-content/uploads/sites/11/2020/09/%D0%9B%D0%B5%D0%BA%D1%86%D1%96%D1%97-%D0%90%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D1%96%D0%B7-%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D1%96%D0%BC%D0%B5%D1%80%D1%96%D0%B2.pdf>.
36. ИЧ- Фур'є спектрофотометр IRAffinity-1 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://chemtest.com.ua/ua/ik-fure-spektrometr-iraffinity-1-ua>.
37. Васильев А. Н. Введение в спектроскопию [Електронний ресурс] / А. Н. Васильев, В. В. Михайлин – Режим доступу до ресурсу: <https://www.twirpx.com/file/350140/>.
38. Тарасевич Б. Н. ИК спектры основных классов органических соединений. Справочные материалы [Електронний ресурс] / Б. Н. Тарасевич – Режим доступу до ресурсу: <https://studizba.com/files/show/pdf/54167-1-b-n-tarasevich--ik-spektry-osnovnyh.html>.
39. Переваги та недоліки ультрафіолетового обладнання для стерилізації [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://ua.uv-towin.org/info/what-are-the-advantages-and-disadvantages-of-u-42405499.html>.

40. Machine d'assainissement en masse des masques jetable : la solution la plus performante et écologique pour les professionnels du recyclage. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.uvmobi.com/copie-de-tunnel-uvc>.
41. Установка для переробки відходів ГТВ і полімерів методом низькотемпературного піролізу [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://greenpower.com.ua/products/2014-10-24-11-34-52/>.
42. Pyrolysis Study of Polypropylene and Polyethylene Into Premium Oil Products / [A. Imtiaz, K. Hizbullah, K. Izmail та ін.]. // International Journal of Green Energy. – 2015. – №7. – С. 663–671 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/15435075.2014.880146?journalCode=ljge20>