ПРОГНОЗУВАННЯ НЕКАНЦЕРОГЕННОГО РИЗИКУ ДЛЯ ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ ВІД ВИРОБНИЦТВ МЕХАНІЧНОЇ ПЕРЕРОБКИ ВТОРИННИХ ПОЛІМЕРІВ

Івано-Франківський національний медичний університет, Україна

Механічна переробка вторинних полімерів є найбільш гігієнічно безпечним процесом, який не викликає деструкції полімерів. Продукти деструкції полімерів небезпечно впливають на всі компоненти навколишнього середовища та людину.

Мета – спрогнозувати величину не канцерогенного ризику для здоров'я населення від виробництв механічної переробки вторинних полімерів у залежності від наявності або відсутності в процесі переробки стадії механічної активації.

Методи: санітарно-епідеміологічної експертизи; оцінки ризику небезпечних факторів на здоров'я населення; інструментальні методи оцінки; статистичної обробки результатів (визначення середньоарифметичних величин, стандартної помилки, квадратичного відхилення).

Результати. Встановлено, що сумарні показники забруднення атмосфери полімерної пилом, азотом діоксидом і вуглецем оксидом не перевищують допустимого рівня забруднення. Ступінь небезпеки за сумарними показниками забруднення атмосфери, для даної категорії виробництв не перевищив безпечного. Отримані величини коефіцієнтів небезпеки хімічних речовин, для виробництва з переробки вторинних полімерів без стадії механічної активації, показали, що рівень ризику, для полімерної пилу і діоксиду азоту, на відстані до 25 метрів оцінюється як тривожний і на межі нормативної санітарно-захисної зони в 50 м - як допустимий. Коефіцієнт небезпеки за оксидом вуглецю, в межах всієї санітарно-захисної зони, - допустимий. Від виробництва з переробки вторинних полімерів, зі стадією механічної активації, рівень не канцерогенного ризику не перевищив меж допустимого за усіма дослідженими речовинами в межах, усієї санітарно-захисної зони виробництва. За даними досліджень розраховані величини індексів небезпеки впливу на окремі органи і системи організму (дихальну, центральну нервову і серцево-судинну системи, кров, очі). Встановлено,

що індекси небезпеки впливу досліджуваних речовин на окремі органи і системи організму на відстані 50 м від виробництв із механічною переробкою вторинних полімерів, без стадії механічної активації, знаходяться в межах допустимого рівня. Для виробництв переробки зі стадією механічної активації індекси небезпеки впливу на організм не перевищують мінімального рівня.

Висновки. Результатами оцінки не канцерогенного ризику встановлено і обґрунтовано, що санітарно-захисна зона виробництв механічної переробки вторинних полімерів без стадії механічної активації не може бути меншою за 50 метрів, а зі стадією механічної активації може бути зменшена до 25 метрів.

Ключові слова: оцінка не канцерогенного ризику, гігієнічна оцінка, переробка полімерів, механічна переробка полімерів.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконана на кафедрі гігієни та екології Івано-Франківського національного медичного університету в рамках бюджетної НДР «Розробка новітньої технології утилізації полімерних побутових відходів на основі механічного рециклінгу», № державної реєстрації 0117U004237.

Вступ. Будь-який із способів переробки вторинної полімерної сировини є джерелом викиду забруднюючих речовин у довкілля та величина цього впливу варіює у значних межах [1]. Найнебезпечнішим методом поводження з відходами даного типу є їх низькотемпературне (до 1200 °С) спалювання, в результаті чого до повітряного середовища надходить низька високотоксичних, канцерогенних та мутагенних речовин, які провокують виникнення негативних змін в усіх ланках біосфери та людському здоров'ю зокрема [2, 3]. Іншою, більш гігієнічною групою методів переробки вторинних полімерів є їх високотемпературний піроліз, газифікація, де полімеризація, крекінг,

гідроліз. Повітряне середовище за таких методів поводження з полімерними відходами не зазнає критичних впливів, викиди у атмосферне повітря є нижчими чи, майже, не перевищують встановлених гігієнічних вимог. Однак, золо-шлакові відходи, котрі утворюються в процесі переробки відносять до 1-го та 2-го класів небезпеки та поводження з ними вимагає застосування специфічних технологічних дорого вартісних процесів, або захоронення на полігонах токсичних промислових відходів [4-8].

Рівень канцерогенного та не канцерогенного ризику за таких способів поводження з відходами полімерів варіює від середнього, що припустимий лише для виробничих умов, до високого, котрий є неприйнятним для виробничих умов і населення [5, 7].

Найбільш гігієнічно безпечним процесом переробки вторинних полімерів є механічна переробка, котра не викликає деструкції полімерів продукти якої мають небезпечний вплив на усі компоненти довкілля і людину [9].

Процес механічної переробки полімерів забруднює атмосферне повітря різним за складом та величиною частинок інертним полімерним пилом [10]. Полімерний пил виділяється на етапах: сортування, подрібнення, висушування та вивантаження отриманої продукції.

Рівень канцерогенного та неканцерогенного ризику за механічного способу переробки відходів полімерів не перевищує низького, на якому, як правило, встановлюються гігієнічні нормативи для населення [7, 11].

Методом, що інтенсифікує процес механічної переробки полімерної сировини, є застосування механічної активації подрібнених частинок полімерів із метою отримання продукції, що володіє покращеними адгезивними, сорбційними та механічними властивостями. Застосування даного методу зменшило кількість етапів процесу механічної переробки на 5 стадій, у результаті чого швидкість переробки зросла на 18 %, а економія електроенергії склала від 23 % до 38 % [12].

Механічний метод переробки відходів полімерів із стадією механічної активації вже пройшов етап лабораторного та пілотного проектів і впроваджений у виробництво, що дало можливість оцінити його реальний вплив на всі компоненти довкілля та людину й порівняти зі звичайною механічною переробкою полімерів.

Мета дослідження – спрогнозувати величину не канцерогенного ризику для здоров'я населення від виробництв механічної переробки вторинних полімерів у залежності від наявності або відсутності в процесі переробки стадії механічної активації.

Матеріал та методи дослідження. Розрахунки ступеня забруднення атмосферного повітря, в районі розташування виробництв механічної переробки вторинних полімерів та оцінку його небезпеки для населення, провели для специфічних речовин – полімерного пилу, азоту діоксиду та вуглецю оксиду.

Натурні дослідження (форма № 297-0/О) проводилися на території підприємства біля джерел викидів на відстані 15, 25 м і 50 м від них.

Дослідження атмосферного повітря (форма № 329/0) виконали за речовинами, які за даними літератури були виокремлені як пріоритетні, що забруднюють повітряне середовище в зонах розташування підприємств із механічної переробки вторинної полімерної сировини (полімерний пил, діоксин азоту, оксид вуглецю).

Відбір проб забрудненого атмосферного повітря та їх аналіз провели відповідно до загальноприйнятих методик, викладених у посібниках з контролю забруднення атмосфери [13-16].

Гігієнічну оцінку рівнів забруднення атмосфери виконали за гігієнічними нормативами відповідно до діючих нормативних документів [17, 18].

Статистична обробка результатів досліджень проводилась із використанням традиційних методів варіаційно-статистичної обробки (визначення середньоарифметичних величин показників, стандартної похибки, квадратичного відхилення) [19].

Для оцінки небезпеки впливу забруднення атмосферного повітря застосовували методологію оцінки ризику шляхом розрахунку неканцерогенного ризику [16]. Розрахунок ризику розвитку неканцерогенних ефектів здійснювали порівнянням фактичних рівнів експозиції з безпечними та визначенням коефіцієнта небезпеки (HQ) (1):

$$HQ = \frac{C}{RfC}, \quad (1)$$

де: C – фактична (або прогнозна) концентрація, мг/м³; RfC – референтна концентрація, мг/м³.

За визначенням Американського агентства з охорони навколишнього середовища (US EPA), референтна концентрація – це концентрація небезпечної речовини, котра за щоденного впливу з високою ймовірністю не викличе негативних змін у стані здоров'я, включаючи віддалені наслідки і вплив на потомство, у населення, у тому числі і в чутливих групах.

За комбінованого впливу кількох речовин із одним і тим же шляхом надходження та які впливають на одну систему або орган, визначали індекс небезпеки (HI) (2):

$$HI = HQ_1 + HQ_2 + \dots + HQ_n, \quad (2)$$

де: $HQ_1, HQ_2 \dots HQ_n$ – коефіцієнти небезпеки окремих речовин.

Для первинної підготовки таблиць та проміжних розрахунків використовувався програмний пакет *Excel*. Основна частина математичної обробки виконувалась на ПК з використанням стандартного статистичного пакету *STATISTICA*.

Результати дослідження та їх обговорення.

Процес механічної переробки ПЕТФ-пляшок багатоопераційний та включає наступну послідовність операцій: вивантаження, розбирання тюків, обдирання етикеток, подрібнення, миття, флотацію, мокру очистку, центрифугування, висушування, вивантаження та фасування. Процес переробки забезпечують: розбирач тюків, оператори; подрібнення, технологічного процесу, вивантаження-пакування, автотранспортування.

У результаті на робочих місцях досліджено: хімічний склад і запиленість повітря робочої зони, параметри мікроклімату в холодний і теплий періоди, шум, вібрацію, важкість і напруженість трудового процесу.

Оцінкою якості атмосферного повітря за показниками забруднення (відношення реальних концентрацій сполук до їхніх ГДК з урахуванням класу небезпеки речовини) [16], встановлено, що крім азоту діоксиду на відстані 15 та 25 м від виробництв без стадії механічної активації та на відстані 15 м зі стадією механічної активації, показники забруднення інших речовин не перевищують одиниці (табл. 1, 2).

Таблиця 1 – Показники забруднення атмосферного повітря на різних відстанях від виробництва механічної переробки вторинних полімерів

Показники забруднення, ум. од.																	
Без стадії механоактивації									Зі стадією механоактивації								
пил полімерний			азоту діоксид			вуглецю оксид			пил полімерний			азоту діоксид			вуглецю оксид		
відстань від джерела викиду, м																	
15	25	50	15	25	50	15	25	50	15	25	50	15	25	50	15	25	50
0,085	0,07	0,04	2,01	1,01	0,28	0,45	0,414	0,28	0,023	0,02	0,019	1,52	0,616	0,216	0,399	0,339	0,212

Таблиця 2 – Сумарні показники забруднення атмосфери на різних відстанях від виробництва механічної переробки вторинних полімерів

Сумарні показники забруднення, ум. од.					
Без стадії механоактивації			Зі стадією механоактивації		
відстань від джерела викиду, м					
15	25	50	15	25	50
2,538	1,496	0,598	1,94	0,98	0,437

Величини сумарних показників забруднення, отриманих дослідним шляхом за встановленими концентраціями досліджуваних речовин, можна порівняти із нормативним сумарним показником забруднення. Нормативний сумарний показник забруднення розраховують для умов коли концентрації усіх сполук, що досліджують у повітрі, приймають рівними гігієнічним нормам із відповідними коефіцієнтами. Нами проаналізовано 3 речовини, і згідно гігієнічним нормативним показникам наведеним у [16] нормативний сумарний показник не має перевищувати 3,05.

Отже, проведений аналіз отриманих експериментальних даних, який мав на меті оцінити забруднення атмосферного повітря в районі впливу виробництв з переробки вторинної полімерної сировини механічним способом, показав, що сумарні показники забруднення атмосферного повітря полімерним пилом, азотом діоксидом та вуглецем оксидом не перевищують допустимого рівня

забруднення, а ступінь небезпечності даної категорії виробництв оцінюється як безпечний.

Однак, сумарні показники забруднення характеризують лише ступінь забруднення атмосферного повітря забруднюючими речовинами, і тільки за їх величинами неможливо оцінити небезпеку впливу на здоров'я населення.

Тому, для оцінки небезпеки впливу на здоров'я населення досліджуваних речовин розраховано їх неканцерогенний ризик, що дає змогу кількісно оцінити можливий шкідливий вплив на здоров'я людини, що створює забруднення повітря цими речовинами.

Згідно з Міжнародною методологією оцінки ризику [20] проведено розрахунок ризику розвитку неканцерогенних ефектів у здоров'ї людини.

Відомо, що для неканцерогенних речовин існують порогові рівні впливу нижче від яких шкідливі ефекти для здоров'я людини не виникають. Якщо ж спостерігається перевищення порогу впливу, то дія хімічних речовин характеризується широким спектром шкідливих ефектів, який залежить від шляху і тривалості надходження хімічної сполуки в організм та її концентрації. Зі збільшенням дози речовини відбувається зміна і посилення симптомів впливу на організм, залучення у токсичний процес нових органів і систем. Тому під час оцінки ризику прийнято орієнтуватися на той шкідливий ефект, який виникає під впливом найменшої з ефективних доз, тобто критичний ефект. Органи

та системи організму людини, що зазнають негативного впливу під час дії найменшої із ефективних доз, називають критичними (табл. 3).

Таблиця 3 – Вплив досліджуваних хімічних сполук повітряного середовища на критичні органи та системи людини [20]

Хімічні речовини	Критичні органи та системи (за інгалаційного впливу)
Полімерний пил	очі, органи дихання
Азоту діоксид	органи дихання, кров
Вуглецю оксид	кров, серцево-судинна, центральна нервова системи, вади розвитку

Для визначення ризику розвитку неканцерогенних ефектів необхідно порівняти фактичну концентрацію хімічної речовини з референтною (безпечною) [20].

Однак, оцінка ризику за допомогою референтних концентрацій характеризує ймовірність відсутності шкідливих реакцій, але не встановлює ймовірності розвитку того чи іншого шкідливого ефекту. Так само, перевищення референтної величини не обов'язково викличе розвиток шкідливого ефекту. Але, чим вища доза впливу і чим більше вона перевищує референтну, тим більша ймовірність виникнення шкідливих змін у людському організмі у відповідь на негативний вплив [16, 20].

Агентство з охорони навколишнього середовища США US EPA запропонувало класифікацію рівнів ризику для здоров'я людини [20], яка конкретизує систему градацій неканцерогенного ризику, зменшує невизначеності під час оцінки сумарного не канцерогенного ризику сполук односпрямованої дії (табл. 4).

Для кількісної оцінки рівня неканцерогенного ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря хімічними сполуками на різ-

Таблиця 4 – Класифікація рівнів ризику [20]

Рівень ризику	Коефіцієнт небезпеки розвитку неканцерогенних ефектів (HQ) для окремих сполук	Індекс небезпеки розвитку неканцерогенних ефектів (HI) для групи сполук односпрямованої дії
Високий	> 3	> 6
Насторожуючий	1,1 – 3	3,1 – 6
Допустимий	0,11 – 1,0	1,1 – 3,0
Мінімальний	0,1 і менше	1,0 і менше

них відстанях від виробництв із механічної переробки вторинних полімерів, провели розрахунки коефіцієнтів небезпеки для кожної зі специфічних речовин та розрахунок індексу небезпеки розвитку неканцерогенних ефектів для групи сполук односпрямованої дії (табл. 5).

Аналіз розрахунків рівня не канцерогенного ризику дозволяє за величиною коефіцієнта небезпеки виділити з досліджуваних сполук ті, що чинять на здоров'я найбільший негативний вплив, як токсиканти, – це діоксид азоту та полімерний пил. Згідно з табл. 4, рівень ризику впливу цих сполук на відстані 15 м та 25 м від виробництва без стадії механічної активації розглядається як насторожуючий, на відстані 50 м, як допустимий. Рівень не канцерогенного ризику впливу вуглецю оксиду оцінюється в усіх випадках як допустимий. Рівень неканцерогенного ризику від виробництва зі стадією механічної активації розглядається як насторожуючий на відстані 15 м (25 м і 50 м – допустимий), для діоксиду азоту та на усіх віддальх для полімерного пилу й оксиду вуглецю, як допустимий (табл. 5).

Таблиця 5 – Коефіцієнти небезпеки забруднення атмосфери на різних відстанях від виробництв з механічної переробки полімерної вторинної сировини

Показники забруднення, ум. од.																	
Без стадії механоактивації									Зі стадією механоактивації								
пил полімерний			азоту діоксид			вуглецю оксид			пил полімерний			азоту діоксид			вуглецю оксид		
відстань від джерела викиду, м																	
15	25	50	15	25	50	15	25	50	15	25	50	15	25	50	15	25	50
Коефіцієнт небезпеки (HQ), ум.од.																	
1,53	1,37	0,74	2,325	1,05	0,29	0,59	0,52	0,41	0,44	0,41	0,38	1,525	0,7	0,24	0,54	0,45	0,29
Рівень ризику																	
насторожуючий	допустимий	насторожуючий	допустимий			допустимий			насторожуючий	допустимий							

Встановлена рекомендаціями US EPA [20] градація рівнів не канцерогенного ризику дає змогу обґрунтувати проведення відповідних заходів з його мінімізації як для окремих сполук, так і забруднення атмосферного повітряного в цілому. Так, за насторожуючого рівня ризику необхідним є постійний контроль, розробка та проведення планових оздоровчих заходів об'єктом, який є джерелом забруднення та органами місцевого самоврядування; за допустимого рівня – контроль за цими сполуками для підтримання встановленого рівня ризику.

Згідно з **табл. 3**, критичними органами, що знають найбільшого негативного впливу є органи дихання, очі, печінка, нирки, центральна нервова система (ЦНС), серцево-судинна система (ССС) та кров (**табл. 6**).

Таблиця 6 – Індекси небезпеки впливу на окремі органи та системи організму людини досліджуваних речовин на різних відстанях від виробництва з механічної переробки полімерної вторинної сировини

Органи та системи організму людини	Без стадії механо-активації			Зі стадією механоакти-вації		
	відстань від джерела викиду, м					
	15	25	50	15	25	50
	Індекси небезпеки (HI), ум.од					
органи дихання	3,855	2,42	1,03	1,965	1,11	0,62
очі	1,53	1,37	0,74	0,44	0,41	0,38
вади розвитку	0,59	0,52	0,41	0,54	0,45	0,29
ССС	0,59	0,52	0,41	0,54	0,45	0,29
ЦНС	0,59	0,52	0,41	0,54	0,45	0,29
кров	2,915	1,57	0,7	2,065	1,15	0,53

Із аналізу даних **табл. 4** та **6**, індекси небезпеки впливу досліджуваних сполук на органи та системи організму для виробництва з механічної переробки полімерної вторинної сировини без стадії механічної активації на відстані: 15 метрів на органи дихання мають насторожуючий рівень ризику, на кров – допустимий, на очі, вади розвитку, ЦНС та СССР – мінімальний; 25 метрів на органи дихання та кров – допустимий, на всі інші органи та системи – мінімальний; 50 метрів на органи дихання – допустимий, на усі інші органи та системи – мінімальний.

Індекси небезпеки впливу досліджуваних сполук на органи та системи організму для виробництва з механічної переробки полімерної вторинної сировини зі стадії механічної активації на відстані: 15 та 25 метрів на органи дихання та кров мають допустимий рівень ризику, на всі інші органи та системи – мінімальний; 50 метрів на всі органи та системи рівень ризику мінімальний.

Отже, за показниками неканцерогенного ризику санітарно-захисна зона для виробництва з механічної переробки полімерної вторинної сировини в 50 м є достатньою. Санітарно-захисна зона для виробництва зі стадією механічної активації може бути зменшена до 25 метрів.

Із наведених вище даних слідує, що показники забруднення атмосферного повітря на різних відстанях від виробництв із механічної переробки полімерної вторинної сировини зі (без) стадією механічної активації не перевищували критеріального показника забруднення і рівень забруднення кваліфікувався як безпечний. Розраховані індекси небезпеки (показники не канцерогенного ризику) вказують, що на відстані в 25 метрів від виробництва з механічної переробки вторинної полімерної сировини зі стадією механічної активації, рівень забруднення не становить загрозу для здоров'я населення і не перевищує межі допустимого рівня.

Висновки. Аналіз отриманих величин коефіцієнтів небезпеки хімічних речовин для виробництва з механічної переробки вторинної полімерної сировини без стадії механічної активації показав, що рівень ризику за максимальною концентрацією полімерного пилу та діоксиду азоту на відстані до 25 метрів оцінюється як насторожуючий, та на межі нормативної санітарно-захисної зони у 50 м – допустимий. Коефіцієнт небезпеки за максимальною концентрацією оксиду вуглецю на усіх досліджених відстанях не вийшов за межі допустимого.

Для виробництва з механічної переробки вторинної полімерної сировини зі стадією механічної активації рівень ризику від досліджених речовин в межах усієї санітарно-захисної зони не перевищив допустимого.

Індекси небезпеки впливу на окремі органи та системи організму (дихальна, центральна нервова, серцево-судинна системи, кров очі) досліджуваних речовин (полімерний пил, азоту діоксид, вуглецю оксид) на відстані 50 м від виробництв з механічної переробки вторинної полімерної сировини без стадії механічної активації – допустимі, а для виробництва зі стадією механічної активації – мінімальні.

Установлено, що за показниками не канцерогенного ризику санітарно-захисна зона виробництв із механічної переробки вторинної полімерної сировини без стадії механічної активації не може бути меншою за 50 м, а зі стадією механічної активації може бути зменшена до 25 метрів.

Перспективи подальших досліджень. У подальшому планується провести комплексну гігієнічну оцінку відходів виробництва з переробки вторинної полімерної сировини.

References

1. Waste management. Official website of the European Union. Available from: http://europa.eu/legislation_summaries/environment/waste_management/index_en.htm
2. Don PAVg, Azzaro-Pantel C, Cadene AL. Economic and environmental assessment of recovery and disposal pathways for CFRP waste management. *Resour Conserv Recycl*. 2018; 133: 63-75. doi: 10.1016/j.resconrec.2018.01.024
3. Trash and Recycling. Worcester Department of Park Works and Parks. 2018. Available from: <http://www.ci.worcester.ma.us/dpw/trash-recycling>
4. Aluri S, Syed A, Flick DW, Muzzy JD, Sievers C, Agrawal PK. Pyrolysis and gasification studies of model refuse derived fuel (RDF) using thermogravimetric analysis. *Fuel Process Technol*. 2018; 179: 154-166. doi: 10.1016/j.fuproc.2018.06.010
5. Abdou TR, Botelho Junior AB, Espinosa DCR, Tenório JAS. Recycling of polymeric composites from industrial waste by pyrolysis: Deep evaluation for carbon fibers reuse. *Waste Manag*. 2021 Feb 1;120:1-9. PMID: 33279821. doi: 10.1016/j.wasman.2020.11.010
6. Singh N, Hui D, Singh R, Ahuja I, Feo L, Fraternali F. Recycling of plastic solid waste: a state of art review and future applications. *Compos Part B Eng*. 2017; 115: 409-422. doi: 10.1016/j.compositesb.2016.09.013
7. Khalil YF. Comparative environmental and human health evaluations of thermolysis and solvolysis recycling technologies of carbon fiber reinforced polymer waste. *Waste Manag*. 2018; 76: 767-778. PMID: 29599023. doi: 10.1016/j.wasman.2018.03.026
8. Hadigheh SA, Wei Y, Kashi S. Optimisation of CFRP composite recycling process based on energy consumption, kinetic behaviour and thermal degradation mechanism of recycled carbon fibre. *J Clean Prod*. 2021; 292: 125994. doi: 10.1016/j.jclepro.2021.125994
9. Li X, Ruibin B, McKechnie J. Environmental and financial performance of mechanical recycling of carbon fibre reinforced polymers and comparison with conventional disposal routes. *J Clean Prod*. 2016; 127: 451-460. doi: 10.1016/j.jclepro.2016.03.139
10. Hopewell J, Dvorak R, Kosior E. Plastics recycling: challenges and opportunities. *Phil Trans R Soc B*. 2009; 364: 2115-11. PMID: 19528059. PMCID: PMC2873020. doi:10.1098/rstb.2008.0311
11. Limburg M, Stockschröder J, Quicker P. Thermal treatment of carbon fibre reinforced polymers (Part 1: Recycling). *Waste Manage Res*. 2019; 37(1): 73-82. PMID: 30761950. doi:10.1177/0734242X18820251
12. Malyshevska OS. Ekolohe-hihiienichna otsinka tekhnolohii mekhanichnoi pererobky polimernykh pobutovykh vidkhodiv [Ecological and hygienic assessment of the technology of mechanical processing of polymeric household waste]. *Visnyk problem biolohii i medytsyny*. 2018; 2(144): 122-126. [Ukrainian]. doi: 10.29254/2077-4214-2018-2-144-122-126
13. Nakaz MOZ Ukrainy No 52 vid 14.01.2020. Hihiienichni rehlementy dopustymoho vmistu khimichnykh i biolohichnykh rehovyn v atmosfernomu povitri naselenykh mist [Hygienic regulations for the permissible content of chemical and biological substances in the air of populated areas]. [Ukrainian]. Available from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0156-20#Text>
14. Nakaz MOZ Ukrainy No30 vid 23.02.2000. Pro zatverdzhennia spyskiv i vvedennia v diiu hihiienichnykh rehlementiv shkidlyvykh rehovyn u povitri robochoi zony i atmosfernomu povitri naselenykh mist. [About the statement of lists and introduction in action of hygienic regulations of harmful substances in air of a working zone and atmospheric air of the settlements] K: MOZ Ukrainy; 2000. [Ukrainian]. Available from: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0030282-00#Text>
15. Metodika rascheta kontsentratsiy v atmosfernom vozduhe vrednykh veschestv, sodержaschihsya v vyibrosah predpriyatiy [Methodology for calculating the concentration in the atmospheric air of harmful substances contained in the emissions of enterprises]. OND-86. L: Gidrometeoizdat; 1987. 68 s. [Ukrainian]. Available from: <http://www.sfund.kiev.ua/down/ond86.pdf>
16. Otsinka ryzyku dlia zdorovia naselennia vid zabrudnennia atmosfernoho povitria [Risk assessment for public health from air pollution]. Metodichni rekomendatsii MR 2.2.12-142-2007: nakaz N 184 vid 13.04.2007. K: MOZ Ukrainy; 2007. 28 s. [Ukrainian]. Available from: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0184282-07#Text>
17. Nakaz MOZ Ukrainy No 52 vid 14.01.2020. Pro zatverdzhennia hihiienichnykh rehlementiv dopustymoho vmistu khimichnykh i biolohichnykh rehovyn v atmosfernomu povitri naselenykh mist [About the statement of hygienic regulations of admissible maintenance of chemical and biological substances in atmospheric air of the settlements]. [Ukrainian]. Available from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0156-20#Text>
18. Postanova Golovnoho derzh sanit likarya Ukraini No 9 vid 15.04.2013. Pro zatverdzhennia znachen gihiienichnih normativiv himichnih rehovyn v atmosfernomu povitri naselenih mist [About the statement of values of hygienic specifications of chemicals in atmospheric air of settlements]. [Ukrainian]. Available from: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0009488-13#Text>

19. Antomonov M Yu. *Matematicheskaya obrabotka i analiz mediko-biologicheskikh dannyih* [Mathematical processing and analysis of biomedical data]. Monografiya. 2-e izd. K: Medinform; 2018. 579 s. [Ukrainian]
20. Supplementary Guidance for Conducting Health Risk Assessment of Chemical Mixtures. Washington; 2000. 209 p. Available from: https://ofmpub.epa.gov/eims/eimscomm.getfile?p_download_id=4486

УДК 628.544:628.39+544-14(045)

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ НЕКАНЦЕРОГЕННЫХ РИСКА ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ ОТ ПРОИЗВОДСТВА МЕХАНИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКА ВТОРИЧНЫХ ПОЛИМЕРОВ

Малышевская О. С.

Резюме. Механическая переработка вторичных полимеров наиболее гигиенически безопасный процесс, который не вызывает деструкции полимеров. Продукты деструкции полимеров опасно влияют на все компоненты окружающей среды и человека.

Цель – спрогнозировать величину не канцерогенного риска для здоровья населения от производств механической переработки вторичных полимеров в зависимости от наличия или отсутствия в процессе переработки стадии механической активации.

Методы: санитарно-эпидемиологической экспертизы; оценки риска опасных факторов на здоровье населения; инструментальные методы оценки; статистической обработки результатов (определение среднеарифметических величин, стандартной ошибки, квадратичного отклонения).

Результаты. Установлено, что суммарные показатели загрязнения атмосферы полимерной пылью, азотом диоксидом и углеродом оксидом не превышают допустимого уровня загрязнения. Степень опасности по суммарным показателям загрязнения атмосферы, для данной категории производств не превысил безопасного. Полученные величины коэффициентов опасности химических веществ, для производства по переработке вторичных полимеров без стадии механической активации, показали, что уровень риска, для полимерной пыли и диоксида азота, на расстоянии до 25 метров оценивается как настораживающий и на границе нормативной санитарно-защитной зоны в 50 м – как допустимый. Коэффициент опасности, по оксиду углерода в пределах всей санитарно-защитной зоны - допустимый. От производства по переработке вторичных полимеров, со стадией механической активации, уровень не канцерогенный риска не превысил пределов допустимого по всем исследованным веществам в пределах, всей санитарно-защитной зоны производства. За данными исследований рассчитаны величины индексов опасности воздействия на отдельные органы и системы организма (дыхательную, центральную нервную и сердечнососудистую системы, кровь, глаза). Установлено, что индексы опасности воздействия исследуемых веществ на отдельные органы и системы организма на расстоянии 50 м от производств с механической переработкой вторичных полимеров, без стадии механической активации, находятся в пределах допустимого. Для производств переработки со стадией механической активации индексы опасности влияния на организм не превышают минимального уровня.

Выводы. Результатами оценки не канцерогенного риска установлено и обосновано, что санитарно-защитная зона производств механической переработки вторичных полимеров без стадии механической активации не может быть меньше 50 метров, а со стадией механической активации может быть уменьшена до 25 метров.

Ключевые слова: оценка неканцерогенных риска, гигиеническая оценка, переработка полимеров, механическая переработка полимеров.

UDC 628.544:628.39+544 - 14(045)

Forecasting of Non-Carcinogenic Risk for Population Health from Manufacturing of Mechanical Processing of Secondary Polymers

Malyshevskaya O. S.

Abstract. The most hygienically safe process of recycling polymers is mechanical recycling, which does not cause the destruction of polymers, products of which dangerously affect all components of the environment and man.

The purpose of the study is to predict the non-carcinogenic risk to public health from the production of mechanical processing of secondary polymers, depending on the presence or absence of the stage of mechanical activation in the processing process.

Materials and methods: sanitary-epidemiological examination; risk assessment of dangerous factors for public health; instrumental assessment methods; statistical processing of results – determination of arithmetic mean values, standard error, quadratic deviation.

Results and discussion. It is established that the total indicators of air pollution by polymer dust, nitrogen dioxide and carbon monoxide do not exceed the permissible level of pollution, and the degree of danger of this

category of production is assessed as safe. Analysis of the obtained values of hazard coefficients of chemicals for the production of mechanical processing of secondary polymer raw materials without the stage of mechanical activation showed that the risk level for the maximum concentration of polymer dust and nitrogen dioxin at a distance of 25 m is assessed as alarming. The hazard factor for the maximum concentration of carbon monoxide at all distances studied did not exceed the permissible limits. For the production of mechanical processing of secondary polymer raw materials with the stage of mechanical activation, the level of risk for any of the test substances and at all distances studied did not exceed the allowable.

Conclusion. Indices of danger of impact on individual organs and systems of the body (respiratory system, central nervous system, cardiovascular system, blood, eyes) of the investigated substances (polymer dust, nitrogen dioxide, carbon monoxide) at a distance of 50 m from the processing of secondary polymer raw materials without stages of mechanical activation are admissible, and for production with a stage of mechanical activation – minimum. It is established that according to the indicators of non-carcinogenic risk, sanitary-protection zone of production facilities for mechanical processing of secondary polymer raw materials without the stage of mechanical activation cannot be less than 50 m, and with the stage of mechanical activation can be reduced to 25 m.

Keywords: non-carcinogenic risk assessment, hygienic assessment, polymer processing, mechanical polymer processing.

ORCID and contributionship:

Olha Malyshevska: 0000-0003-0180-2112^{A-F}

A – Work concept and design, B – Data collection and analysis,
C – Responsibility for statistical analysis, D – Writing the article,
E – Critical review, F – Final approval of the article

CORRESPONDING AUTHOR

Olha S. Malyshevska

Ivano-Frankivsk National Medical University,
Department of Hygiene and Ecology
2, Halytska St., Ivano-Frankivsk 76019, Ukraine,
tel: +380965715578, e-mail: o16r02@gmail.com

The authors of this study confirm that the research and publication of the results were not associated with any conflicts regarding commercial or financial relations, relations with organizations and/or individuals who may have been related to the study, and interrelations of coauthors of the article.

Received: 12.04.2021 p.

Рекомендована до друку на засіданні редакційної колегії після рецензування