

Очистка и переработка отходов

УДК 628.474.32:661.12

Алексеєнко В.В., канд. техн. наук, **Сезоненко О.Б.,**
Васечко О.О., Нікітін В.Ю.

Інститут газу НАН України, Київ

вул. Дегтярівська, 39, 03113 Київ, Україна, e-mail: a-vv@ukr.net, alsez@ukr.net

Експериментальне дослідження термічного знешкодження деяких фармацевтичних відходів

Розглянуто сучасний стан проблеми поводження з фармацевтичними відходами в Україні. Представлено принципи їх класифікації. Показано значення долі первинної та вторинної упаковки в зразках фармацевтичних відходів. Розглянуто вплив упаковки на характер процесу термічного знешкодження фармацевтичних відходів. Проведено дослідження зміни маси зразків при їх нагріванні. Розглянуто фазовий перехід окремих фармацевтичних відходів при нагріванні. Представлено залежність швидкості втрати відносної маси зразка від часу витримки при температурі 850 °С. Встановлено температуру займання та самозаймання для окремих зразків фармацевтичних відходів. Визначено теплоту їх згоряння. Дано оцінку можливості утилізації фармацевтичних відходів термічними методами знешкодження. Визначено теплофізичні характеристики, необхідні для розробки обладнання та режимів термічного знешкодження. Досліджено характер процесу термічного розкладу окремих фармацевтичних відходів при високих температурах знешкодження. *Бібл. 8, рис. 4, табл. 4.*

Ключові слова: фармацевтичні відходи, термічне знешкодження, упаковка відходів, твердий залишок.

Однією з ланок проблеми поводження з небезпечними відходами, що існує на теперішній час в Україні, є проблема поводження з фармацевтичними відходами. Обсяги фармацевтичних відходів в Україні є значними. У 2010–2015 рр. Державною лікарською службою України не допущено до споживача близько 10 млн упаковок лікарських засобів неналежної якості на загальну суму близько 285 млн грн, що складає 2432 найменувань неякісних, фальсифікованих та незареєстрованих лікарських засобів [1]. За даними [2], майже у кожного десятого лікарського засобу в домашніх аптеках закінчився термін придатності.

До фармацевтичних відносять відходи медичних препаратів лікарень, поліклінік та клінік, відходи виробництва та переробки фармацевтичної продукції, фармацевтичні товари, ліки та препарати, які не знайшли збуту або в яких вийшов строк придатності, відходи виробництва, одержання, застосування біоцидів та фітофармацевтичних препаратів, а також фармацевтичну продукцію невідомого походження, контрабандну продукцію, фармацевтичні препарати з порушенням рецептури. Відповідно до рекомендацій організації ВООЗ, для великої кількості фармацевтичних відходів слід використовувати такі методи їх знешкодження [3]:

1) інкапсуляцію та захоронення на спеціально обладнаному полігоні; 2) розбавлення та змив у каналізацію (тільки для відносно нешкідливих рідких препаратів, таких як глюкоза, розчини солей тощо); 3) термічні методи знешкодження.

У залежності від агрегатного стану фармацевтичні відходи можна розподілити на такі види: 1) тверді — таблетки, драже, гранули, порошки, збори, капсули, лікарські олівці, лікарські півки; 2) м'які — мазі, пластирі, супозиторії (свічки), пілюлі; 3) рідкі — розчини, суспензії, емульсії, настої, сиропи, екстракти тощо; 4) газоподібні, які зберігаються в аерозолях, спреях, інгаляторах.

У даному дослідженні розглядаються виключно тверді лікарські форми як такі, що найкраще підходять для знешкодження термічними методами. Аерозолі, спреї та ампули теж можна знешкоджувати такими методами, але необхідно розгерметизувати їх перед завантаженням в установку термічного знешкодження.

З твердих лікарських форм у медицині найчастіше використовують таблетки, драже й капсули. До складу таблеток, окрім лікарських речовин, входять допоміжні речовини, наприклад, цукор, крохмаль, гідрокарбонат натрію, какао, розчин желатину, вода. Таблетки можуть бути вкриті оболонками з муки, крохмалю, цукру, какао, харчових фарбників та лаків. Інформацію про процентний склад допоміжних речовин у таблетках, як правило, не наводять. Драже отримують багаторазовим нашаруванням (дражируванням) лікарських та допоміжних речовин на цукрові гранули. До складу порошків можуть входити синтетичні речовини, продукти життєдіяльності деяких мікроорганізмів (антибіотики), речовини рослинного та тваринного походження [4].

Капсула — це дозована лікарська форма, що складається з твердої або м'якої желатинової оболонки, яка містить одну або декілька активних речовин із додаванням або без додавання до них допоміжних речовин. Як активні речовини використовуються порошки, гранули, таблетки, рідкі лікарські суміші.

Склад фармацевтичних препаратів, а отже й відходів, суттєво відрізняється. Фармацевтичні відходи за походженням можна поділити на такі групи: рослинні препарати; препарати біогенного походження (отримані з бактерій, грибів, рослин, тварин, людей); препарати, отримані методом хімічного синтезу.

Деякі препарати, переважно рослинні, не становлять загрози оточуючому середовищу при їх термічному знешкодженні. Препарати, що

містять важкі метали, активні хімічні сполуки, можуть стати серйозним джерелом забруднення оточуючого середовища [5].

У залежності від джерела надходження фармацевтичні відходи можуть бути в упаковці або без неї. Тип та матеріали упаковки обов'язково слід враховувати при проведенні процесу термічного знешкодження.

Існує первинна (внутрішня) упаковка, тобто упаковка, в якій безпосередньо знаходиться лікарський засіб, а також вторинна (зовнішня) упаковка, тобто картонні або пластикові коробки, бокси, полети, які забезпечують зручність зберігання та транспортування. Тверді лікарські форми зберігаються переважно у флаконах (пластикових або скляних) або в контурних упаковках. Контурні упаковки існують двох типів: коміркова (блістер) та безкоміркова. Блістерна коміркова упаковка виготовляється з термопластичної плівки полівінілхлориду [6] або інших полімерів та алюмінієвої фольги або паперу за методом вакуумування. На фольгу наносяться лаки, спеціальні фарби або фарбники та ґрунтовка. Безкоміркові упаковки виготовляються з двох склеєних шарів металевої фольги або паперу. Металева частина упаковки є баластною складовою фармацевтичних відходів та заважає процесу нагрівання та термічного розкладу безпосередньо фармацевтичної складової. Порошки, як правило, зберігаються у пакетах із звичайного, пергаментного або воскового паперу. Збори зберігаються у паперових пакетах, коробках або склянках.

У табл.1 наведено відсотковий склад упаковки в загальній масі фармацевтичних відходів упаковки окремих лікарських засобів.

Таблиця 1. Доля упаковки в зразках фармацевтичних відходів

Зразок	Первинна упаковка, %	Первинна та вторинна упаковка, %
Вугілля активоване	20–25	33–35
Мукалгін-форте	20–24	48–52
Цитрамон	25–28	42–45
Діазолін	20–22	43–47
Фервекс	12–14	19–22

Для зменшення витрат на знешкодження ВООЗ рекомендує відділяти фармацевтичні відходи від зовнішньої упаковки, зменшивши їх об'єм та масу [7]. За даними табл.1, це зменшення може сягати 19 % та більше. Якщо медичні препарати не становлять суттєвої загрози оточуючому середовищу при їх зберіганні та транспортуванні, наприклад, препарати рослинного походження, то в такому випадку відходи

можна відділяти від первинної упаковки, а останню відправляти на вторинну переробку.

Необхідною умовою для застосування термічного знешкодження є наявність у складі фармацевтичних відходів значної органічної складової. Визначення її долі у лікарських формах є проблематичним, оскільки виробники, як правило, вказують склад та долю лише лікарських речовин, а допоміжні речовини тільки перераховують. Для фармацевтичних відходів невідомого походження або контрабандної продукції зазначений на упаковці склад може не відповідати дійсності. Визначити органічну складову відходів можна при спіканні, таким чином оцінивши придатність фармацевтичних відходів для знешкодження.

Було проведено дослідження зміни маси зразків фармацевтичних відходів при їх нагріванні. Для цього в нагрівальний реактор встановлювали кошик з навіскою відходів, з'єднаний через тягу з тензодатчиком для передачі навантаження на чутливий елемент датчика. Дослідними зразками були таблетки метоклопраміду (малі круглі), кальцеміну (подвійні овальні) та фервекс в упаковці.

Нагрівання навіски тривало до досягнення стабільної маси зразка. Результати втрати відносної маси зразків відходів при нагріванні показані на рис.1.

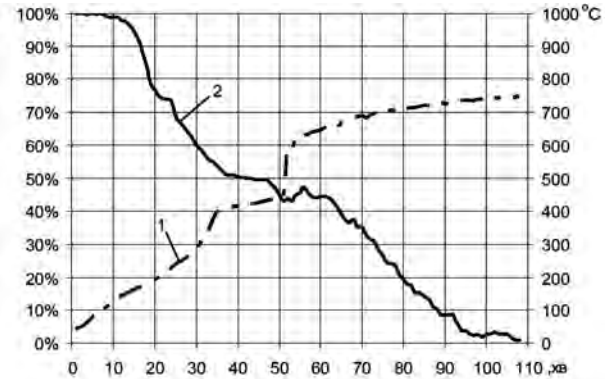
Доля твердого залишку $m_{\text{зол}}$ метоклопроміду складає 2,3 %, кальцеміну — 40 %, фервексу в упаковці — 14 %. До складу твердого залишку входять власне залишок порошку та металева фольга з упаковки, маса якої складає приблизно 4 % від вихідної маси зразка. Таким чином, після спікання маса упаковки фервексу зменшується майже у 3,5 рази.

Незважаючи на наявність в упаковці фервексу металевої фольги даний тип відходу є цілком придатним для термічного знешкодження. Наявність упаковки не заважає вигорянню органічної складової відходу. За температури вище 660 °C розпочинається обуглення металевої фольги, тому, якщо витримувати температуру в камері нижче 660 °C (при можливості дотримання за такої температури необхідних екологічних показників), металеву фольгу можна відділити від решти твердого залишку та відправити на повторну переробку.

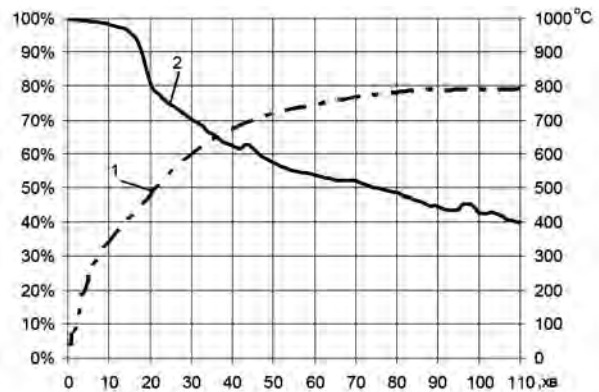
З одержаних даних видно, що таблетки кальцеміну містять значну неорганічну частину (40 %). Можна припустити, що в ході експерименту зазнали термічного розкладу лише додаткові органічні речовини даних таблеток, а неорганічні лікарські речовини не зазнали суттєвих змін. При спіканні таблетки кальцеміну

майже не втратили своєї форми. Враховуючи вищезазначене, з економічних міркувань для знешкодження таблеток кальцеміну слід використовувати інші методи, ніж термічні.

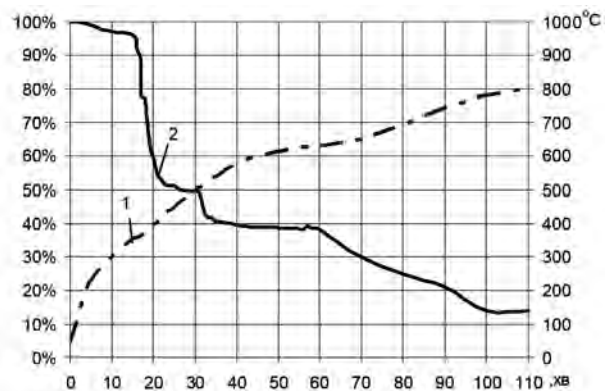
Таблетки метоклопраміду при нагріванні до 700–800 °C, тобто до температури трохи нижчої,



а



б



в

Рис.1. Графіки втрати відносної маси (1) таблеток метоклопроміду (а), кальцеміну (б), фервексу (в) та зміна температури в реакторі (2).

Таблиця 2. Показники для рідкого стану фармацевтичних препаратів

Зразок	$t_{пл}, ^\circ C$	$t_{кип}, ^\circ C$	$M_{пар}, \%$
Діазолін	188	196	30
Мукалтин-форте	158	176	28
Цитрамон	148	190	46
Фервекс	145	168	27

ніж та, яку підтримують у первинній камері печі-інсинератора, різко втрачають масу та зменшуються в об'ємі. Тому таблетки метоклопраміду цілком придатні для термічного знешкодження у печі-інсинераторі.

Деякі фармацевтичні препарати під час нагрівання переходять у рідкий стан. При цьому плавлення таких препаратів має свої характерні особливості завдяки багатокомпонентній структурі. Наприклад, наявність крохмалю як допоміжної речовини у складі таблеток призводить до збільшення об'єму в рідкому стані діазоліну у 10 разів, мукалтіну-форте — у 5 разів.

Зі збільшенням температури відбувається кипіння препаратів, а після виходу парів — затвердіння маси. У табл.2 представлені такі показники для рідкого стану вищезгаданих препаратів: температура початку плавлення $t_{пл}$, температура початку кипіння $t_{кип}$ та доля виходу парів від загальної маси $M_{пар}$. Визначення долі виходу парів від загальної маси відбувалося при нагрівання зразка до температури кипіння та витримці його при цій температурі до припинення кипіння.

Процес втрати маси можна охарактеризувати таким чином (рис.2):

I період — нагрівання упаковки за її наявності, розклад та порушення її цілісності, нагрів безпосередньо фармацевтичних препаратів та вихід із них вологи $M_{вол}$ та частини пари;

II період — виділення основної маси летких та вигорання більшої частини органічної складо-

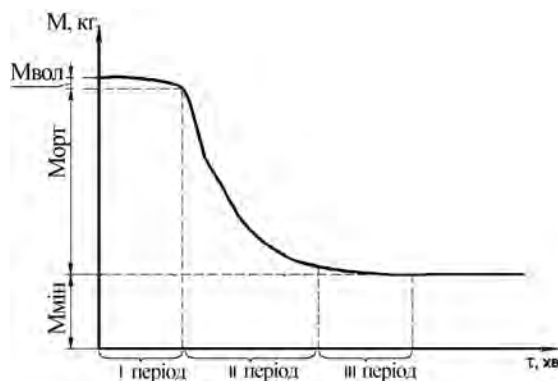


Рис.2. Характеристика процесу втрати маси фармацевтичними відходами.

вої навівки, що супроводжується різкою втратою маси $M_{орг}$;

III період — повільне вигорання важких органічних сполук та твердого вуглецю до досягнення маси твердого залишку $M_{зол}$.

Для визначення зольності та виходу летких використовували електричну піч ThermoLab з автоматичним регулюванням температури та ваги електричні. Піч нагрівали до температури $850 \pm 10 ^\circ C$, після чого до неї поміщали фарфорові тиглі із зразками фармацевтичних від-

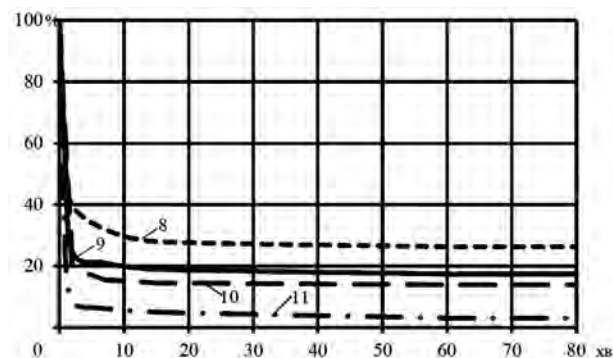
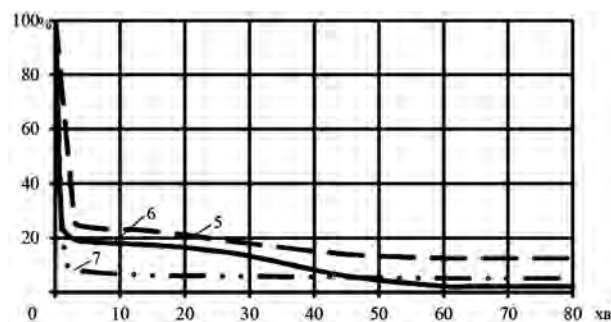
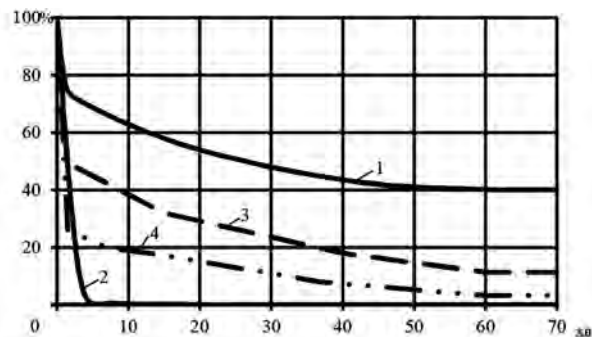


Рис.3. Залежність маси зразків фармацевтичних відходів від часу витримки при $850 ^\circ C$ таких відходів: 1 — кальце-мїн; 2 — желатинові капсули (без упаковки); 3 — вугілля активоване; 4 — мукалтин-форте (в упаковці); 5 — діазолін; 6 — цитрамон (фольга); 7 — ехінацея; 8 — юнієнзим; 9 — анальгін; 10 — фервекс (в упаковці); 11 — септолете.

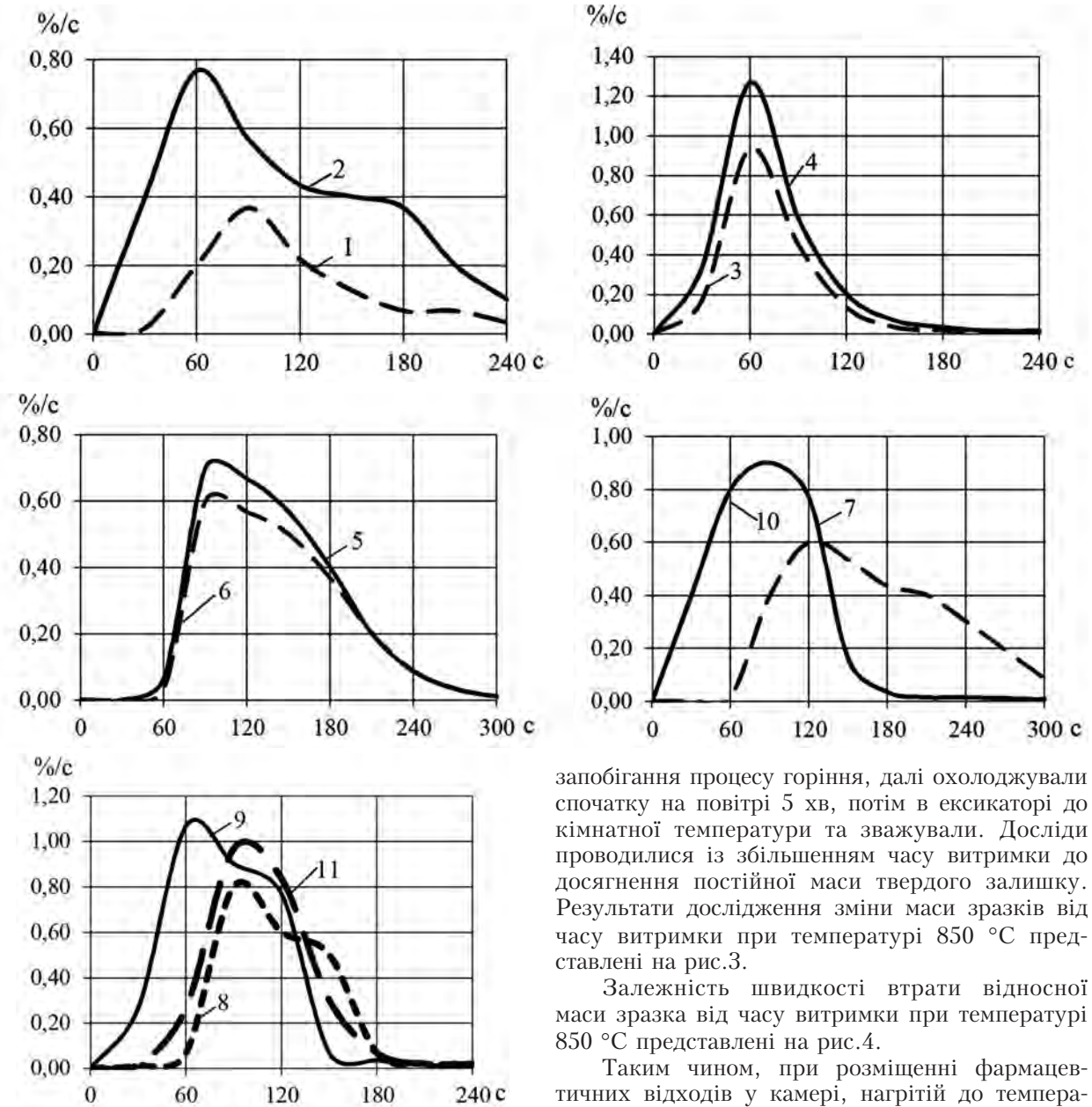


Рис.4. Залежність швидкості втрати відносної маси зразка від часу витримки при 850 °С таких фармацевтичних відходів: 1 – кальцемін; 2 – желатинові капсули; 3 – вугілля активоване; 4 – мукалгін-форте; 5 – діазолін; 6 – цитрамон (фольга); 7 – ехінацея; 8 – юніензим; 9 – анальгін; 10 – фервекс; 11 – септолете.

ходів, які витримували протягом заданого часу. Температура, що знижувалася при установці тиглів у муфель, знову досягала 850 ± 10 °С не більше ніж за 10–30 с, після чого починався відлік часу. Після закінчення встановленого часу витримки тиглі разом з підставками виймали з муфеля, накривали кришкою для

запобігання процесу горіння, далі охолоджували спочатку на повітрі 5 хв, потім в ексікаторі до кімнатної температури та зважували. Досліди проводилися із збільшенням часу витримки до досягнення постійної маси твердого залишку. Результати дослідження зміни маси зразків від часу витримки при температурі 850 °С представлені на рис.3.

Залежність швидкості втрати відносної маси зразка від часу витримки при температурі 850 °С представлені на рис.4.

Таким чином, при розміщенні фармацевтичних відходів у камері, нагрітій до температури 850 °С, протягом перших 10–30 с відбувається нагрівання зразків, а протягом наступних 1,5–4 хв відбувається різкий вихід летючих із втраченою вихідної маси зразка у більшості відходів 60–97 %. Виняток склали кальцемін (вихід летючих 27,8 %), який має значну мінеральну складову, та активоване вугілля (вихід летючих 50,5 %), яке ще на стадії виготовлення зазнає термічної обробки (обвуглення, активування). Подальша витримка при такій температурі дає незначну втрату маси. Очевидно, що за 20–30 хв витримки відбувається суттєве зменшення маси та об'єму відходів, решта органічної

складової може вигоріти до постійної маси разом із наступною партією відходів.

Вихід летючих має різкий пік (до 38 % від вихідної маси за 5 с), який необхідно врахувати при конструюванні камери допалювання. Зольність фармацевтичних відходів суттєво залежить від долі упаковки в їх загальній масі: чим більша ця доля, тим більша зольність відходів. Температури займання та самозаймання залежать виключно від типу та складу упаковки. Типовий склад золи фармацевтичних відходів приведено в статті [8].

На основі отриманих результатів побудована табл.3 для виходу летючих та зольності фармацевтичних відходів.

У рамках дослідження були визначені температури займання та самозаймання фармацевтичних відходів. Для визначення температури займання піч, у яку попередньо помістили тиглі, нагрівали до 200 °С.

У тигель поміщали експериментальні зразки за період часу не більше 10 с, після чого тиглі знову розміщувалися у печі. Через 10 хв до зразка в тиглі на відстані 10 мм підводився увімкнений газовий запальник. Тривалість роботи запальника складала 0,5 хв. Якщо за цей час при даній температурі дослідження зразок не займався, то випробування завершувалося, зразок та запальник виймалися з печі.

Наступне випробування відбувалося за тією самою методикою, але при вищій температурі в камері. У разі займання зразка запальник вимикався.

Таблиця 3. Вихід летючих та зольність фармацевтичних відходів

Відходи	Вихід летючих, %	Зольність, %
Желатинові капсули	97,0	0
Кальцемін	27,8	40,2
Вугілля активоване	50,5	11,4
Мукалгін-форте	74,0	3,2
Цитрамон (фольга)	80,6	2,2
Діазолін	74,1	12,5
Ехінацея	90,7	5,1
Септолете	91,9	3,1
Фервекс	83,0	13,9
Юніензим	60,5	26,3
Анальгін	75,5	17,4

Таблиця 4. Температури займання та самозаймання фармацевтичних відходів

Фармацевтичні відходи	Температура займання, °С	Температура самозаймання, °С
В упаковці з фольги	390 ± 10	580 ± 10
У паперовій упаковці	240 ± 10	400 ± 10

кався. Досліди продовжувалися до займання зразка та появи стабільного полум'я, яке горіло більше 5 с після вимкнення запальника. За цієї температури проводилися додатково два контрольні досліди з даним зразком. Температура в печі, за якої відбулося займання зразка та поява стабільного полум'я, була прийнята за температуру займання зразка.

Дослідження температури самозаймання здійснювалося за такою методикою, як й для дослідження температури займання, але за відсутності газового запальника. Температура в печі, за якої відбулося самозаймання зразка та поява стабільного полум'я, була прийнята за температуру самозаймання зразка.

Дослідження температур займання та самозаймання проводилися лише для двох груп фармацевтичних відходів: в упаковці з фольги та в паперовій упаковці. Отримані значення для різних фармацевтичних відходів окремих груп відрізняються на ± 10 °С. Результати досліджень представлені у табл.4.

Для визначення вищої теплоти згоряння фармацевтичних відходів використовувався калориметр Sundy SDAMC-IIIb. Були досліджені зразки фармацевтичних відходів з упаковкою та без неї. Вища теплота згоряння окремих фармацевтичних відходів наведена нижче:

Фервекс	–	17,37 МДж/кг
Діазолін (таблетки)	–	20,48 МДж/кг
Діазолін (в упаковці)	–	19,61 МДж/кг
Мукалгін-форте	–	11,60 МДж/кг

Низьке значення калорійності мукалгіну в порівнянні з іншими зразками можна пояснити тим, що основу допоміжних речовин, які становлять більше 86 % маси таблеток, складають двоуглекислий натрій та стеарат кальцію.

Стимулюючим фактором всебічного підходу до виконання рекомендацій ВООЗ щодо термічного знешкодження фармацевтичних відходів є відсутність інформації на фармацевтичних препаратах про безпечність самого препарату та відходу, який утворюється у разі невикористання препарату у термін придатності, відповідно до прийнятої класифікації та місця утворення. Проведене дослідження підтверджує, що більшість зразків фармацевтичних відходів цілком відповідають рекомендаціям організації ВООЗ щодо знешкодження термічними методами [9] та мають вторинний енергетичний потенціал.

На думку авторів, доцільним було б подальше дослідження теплофізичних властивостей фармацевтичних відходів з розподілом останніх на типові групи й розроблення довідникових даних для цих груп або взагалі для медичних відходів.

Висновки

Визначено теплотехнічні властивості вибірових поширених фармацевтичних препаратів, які дають змогу розрахувати або підібрати обладнання для термічної деструкції відходів, визначити теплову потужність систем опалення та мінімізувати витрати додаткової енергії у термотехнологічному процесі знешкодження.

Отримано залежності відносної втрати маси від температури та часу перебування відходів у камері згоряння. За цими залежностями були розраховані вихід летючих та зольність окремих фармацевтичних відходів. Встановлено температуру займання, температуру самозаймання та калорійність відходів. Встановлено оптимальний період між двома завантаженнями фармацевтичних відходів, що знешкоджуються в умовах печі-інсинератора.

Список літератури

1. Виступ в.о. Голови Держлікслужби І.Суворової / За матеріалами VIII Національного з'їзду фармацевтів України, 14–16 вер. 2016 р., Харків.

2. Громовик Б.П. Екогенологічні проблеми фармацевтичної галузі з погляду логістики // *Фармацевт. журн.* — 2001. — № 4. — С. 15–20.
3. Safe management of wastes from health-care activities / Ed. Y.Chartier. — Geneva : World Health Organization, 2014. — P. 118, 129.
4. Краснюк И.И., Валево С.А., Михайлова Г.В. Фармацевтическая технология. Технология лекарственных форм. — М. : Академия, 2006. — 592 с.
5. Technical guidelines on the environmentally sound management of biomedical and healthcare wastes // Secretariat of the Basel Convention. Basel Convention series/SBC No. 2003/3.1. — P. 9, 15.
6. ГОСТ 25250–88. Пленка поливинилхлоридная для изготовления тары под пищевые продукты и лекарственные средства. Технические условия. — Введ. 01.01.90.
7. WHO/EDM/PAR/99.2. Guidelines for safe disposal of unwanted pharmaceuticals in and after emergencies / Ed. T.Grayling. — Geneva : World Health Organization, 1999. — P. 22.
8. Алексеенко В.В., Сезоненко А.Б., Васечко А.А., Никитин В.Ю. Особенности обращения с твердым остатком термического обезвреживания медицинских отходов // *Энерготехнологии и ресурсосбережение*. — 2015. — № 4. — С. 52–58.

Надійшла до редакції 10.07.17

**Алексеенко В.В., канд. техн. наук, Сезоненко А.Б.,
Васечко А.А., Никитин В.Ю.**

Институт газа НАН Украины, Киев

ул. Десятковская, 39, 03113 Киев, Украина, e-mail: a-vv@ukr.net, alsez@ukr.net

Экспериментальное исследование термического обезвреживания некоторых фармацевтических отходов

Рассмотрено современное состояние проблемы обращения с фармацевтическими отходами в Украине. Представлены принципы их классификации. Показано значение доли первичной и вторичной упаковок в образцах фармацевтических отходов. Рассмотрено влияние упаковки на характер процесса термического обезвреживания фармацевтических отходов. Проведено исследование изменения массы образцов при их нагревании. Рассмотрен фазовый переход отдельных фармацевтических отходов при нагревании. Представлена зависимость скорости потери массы образца от времени выдержки при температуре 850 °С. Установлены температуры воспламенения и самовоспламенения для отдельных образцов фармацевтических отходов. Определена теплота их сгорания. Дана оценка возможности утилизации фармацевтических отходов термическими методами обезвреживания. Определены теплофизические характеристики, необходимые для разработки оборудования и режимов термического обезвреживания. Исследован характер процесса термического разложения отдельных фармацевтических отходов при высоких температурах обезвреживания. *Библ. 8, рис. 4, табл. 4.*

Ключевые слова: фармацевтические отходы, термическое обезвреживание, упаковка отходов, твердый остаток.

Alekseenko V.V., Candidate of Technical Sciences,
Sezonenko O.B., **Vasechko O.O.**, **Nikitin V.Yu.**

*The Gas Institute of National Academy of Sciences of Ukraine, Kiev
 39, Degtyarivska Str., 03113 Kiev, Ukraine, e-mail: a-vv@ukr.net, alsez@ukr.net*

Experimental Research of Thermal Disposal of Certain Pharmaceutical Waste

The modern state of problem of treatment of pharmaceutical waste in Ukraine was considered. The principles of classification of pharmaceutical waste were presented. The value of quantity of primary and secondary packaging in certain samples of pharmaceutical waste was presented and influence of packaging upon character of process of thermal disposal of pharmaceutical waste was considered. The influence of change of mass of certain samples of pharmaceutical waste during their heating was investigated. The phase transfer of certain pharmaceutical waste during their heating was considered. The dependence of velocity of loss of relative mass of sample on hold-up time in combustion chamber at the temperature of 850 °C was presented. The ignition temperature and self-ignition temperature of certain samples of pharmaceutical waste were identified. The calorific values of number of samples of pharmaceutical waste were defined. The calorific values of number of samples of pharmaceutical waste were defined. The suitability of pharmaceutical waste for disposal by thermal methods was evaluated. A number of thermal characteristics of certain pharmaceutical waste, required for the development of equipment and working conditions of thermal disposal, was identified. The character of the process of thermal decomposition of certain pharmaceutical waste at high temperatures of disposal was researched. *Bibl. 8, Fig. 4, Tab. 4.*

Key words: pharmaceutical waste, thermal disposal, packaging waste, residues.

References

1. Vystup v.o. Golovy Derzhliksluzhby I. Suvorovi', Za materialamy VIII Nacional'nogo z'i'zdu farmaceutiv Ukrainy, 14–16 veresnja 2016 roku, Kharkov. (Ukr.)
2. Gromovyk B.P. Ekogomologichni problemy farmaceutychnoi' galuzi z pogljadu logistyky, *Farmaceutychnyj zhurnal*, 2001, (4), pp.15–20. (Ukr.)
3. Safe management of wastes from health-care activities, Ed. by Y. Chartier, Geneva : World Health Organization, 2014, pp. 118, 129.
4. Krasnjuk I.I., Valevko S.A., Mihajlova G.V. Farmaceuticheskaia tehnologija. Tehnologija lekarstvennyh form, Moscow : Akademiia, 2006, 592 p. (Rus.)
5. Technical guidelines on the environmentally sound management of biomedical and healthcare wastes, Secretariat of the Basel Convention. Basel Convention series/SBC No. 2003/3.1, pp. 9, 15.
6. GOST 25250–88. Plenka polivinilhlordidnaja dlja izgotovlenija tary pod pishhevye produkty i lekarstvennye sredstva. Tehnicheskie uslovija, Vveden 01.01.1990. (Rus.)
7. WHO/EDM/PAR/99.2, Guidelines for safe disposal of unwanted pharmaceuticals in and after emergencies, Ed. by T. Grayling, Geneva: World Health Organization, 1999, p. 22.
8. Alekseenko V.V., Sezonenko A.B., Vasechko A.A., Nikitin V.Yu. Osobennosti obrashhenija s tverdym ostatkom termicheskogo obezvezhivaniia medicinskih othodov [Features of Treatment of Residues after Medical Waste's Thermal Disposal], *Energo-tehnologii i resursoberezhenie [Energy Technologies and Resource Saving]*, 2015, (4), pp. 52–58. (Rus.)

Received July 10, 2017