

ПІДГОТОВКА ФАРМАЦЕВТИЧНИХ ВІДХОДІВ ЗІ СКЛА ДО УТИЛІЗАЦІЇ У ВИРОБНИЦТВІ КЕРАМІЧНОЇ ПЛИТКИ

Самойленко Н.М.¹, Баранова А.О.¹, Єрмакович І.А.²

¹Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»
вул. Кирпичова, 2, 61002, м. Харків

nataliiasamoilenko@gmail.com, baranova647@gmail.com

²Національний університет цивільного захисту України
вул. Баварська, 7, 61023, м. Харків
iryna.yermakovych@gmail.com

Охарактеризовано негативний вплив фармацевтичних відходів зі скла на навколишнє середовище та можливість їх використання як вторинного ресурсного потенціалу у виробництві керамічної плитки. Запропоновано принципову схему підготовки до утилізації фармацевтичних відходів зі скла для даного виробництва, в якій передбачені операції запобігання забрудненню довкілля фармацевтичними речовинами. *Ключові слова:* фармацевтичні відходи зі скла, керамічна плитка, утилізація, схема підготовки.

Подготовка фармацевтических отходов из стекла к утилизации в производстве керамической плитки. Самойленко Н.Н., Баранова А.О., Єрмакович І.А. Приведена характеристика отрицательного влияния фармацевтических отходов из стекла на окружающую среду и возможности их использования в качестве вторичного ресурсного потенциала в производстве керамической плитки. Предложена принципиальная схема подготовки к утилизации фармацевтических отходов из стекла для данного производства, в которой предусмотрены операции по предотвращению загрязнения окружающей среды фармацевтическими веществами. *Ключевые слова:* фармацевтические отходы из стекла, керамическая плитка, утилизация, схема подготовки.

Preparation of pharmaceutical glass waste for recycling in the production of ceramic tiles. Samoilenko N., Baranova A., Yermakovych I. The article describes the negative impact of pharmaceutical glass waste on the environment and the possibility of its reuse in the production of ceramic tiles. A process flow diagram of preparing the pharmaceutical glass waste for the production is proposed. It includes operations to prevent environmental pollution by pharmaceutical substances. *Key words:* pharmaceutical glass waste, ceramic tile, recycling, process flow diagram.

Постановка проблеми. Утворення, накопичення й утилізація відходів є актуальною проблемою для України та багатьох розвинутих країн світу. Згідно з даними [1], від 75–80% відходів, утворених закладами охорони здоров'я, наближені за складом до побутових і, серед іншого, включають відходи скла (пляшки, флакони, банки тощо). Водночас серед решти відходів, що відносяться до медичних і входять до категорії небезпечних (10–25%), містяться і фармацевтичні відходи. Останні можуть бути чинниками ризику для навколишнього природного середовища і здоров'я людини, отже, потребують особливого поводження.

В останній час відходи склобою називають стратегічною сировиною, що повною мірою стосується фармацевтичних відходів зі скла (далі – ФВС). Теоретичний аналіз та практичні розрахунки показують, що в Україні утворюються та накопичуються великі обсяги ФВС, які складаються з неякісних та фальсифікованих ЛЗ у формі ампул, флаконів, медичного склобою та ін. Водночас стратегія ринку фармпрепаратів вказує на постійне збільшення їх

у майбутньому. Джерелами ФВС є об'єкти фармацевтичної галузі, медичних та інших установ і організацій, а також населення [2].

Теоретично та практично підтверджено, що використання певних видів склобою у виробництві будматеріалів економить сировинні й енергетичні ресурси, підвищує екологічність технологічного процесу завдяки зменшенню утворення забруднюючих речовин, які надходять в атмосферне повітря. З урахуванням зазначеного ФВС можуть являти собою значний ресурсний потенціал вторинної сировини у виробництві керамічної плитки.

Дослідження питань утилізації скляних відходів у виробництві будівельних матеріалів та скла проводилися багатьма вітчизняними і закордонними вченими, зокрема, Л. Гурець [3], О. Охріменко [4], М. Testa [5], S. Supino [6], F. Costa [7] та ін.

Метою роботи є обґрунтування та розроблення принципової схеми підготовки до утилізації фармацевтичних відходів зі скла у виробництві керамічної плитки, що може бути запроваджена на етапі її виготовлення.

Виклад основного матеріалу. Фармацевтичні відходи зі скла – категорія відходів, що характеризуються двома особливостями, а саме: здебільшого належать до небезпечних [1], є цінною вторинною сировиною для виробництва керамічної плитки [8]. З урахуванням даних особливостей та умов ведення технологічного процесу виготовлення керамічної плитки, що потребує чистої сировини, ФВС не можуть бути безпосередньо утилізовані у виробництві без проведення підготовчих операцій. З екологічних позицій даний підхід повинен підвищувати екологічну безпеку кінцевих стадій поводження із ФВС.

Фармацевтичні відходи – це відходи, які містять медичні препарати (протерміновані ліки або ліки, які більше не потрібні, предмети, що забруднені фармацевтичними препаратами або містять такі препарати). Такі відходи є складниками медичних відходів, що не тільки включають протерміновані, невикористовувані лікарські засоби, але й використані ампули, які містять залишки лікарського препарату. Крім того, до фармацевтичних відходів відносять відходи фармацевтичного виробництва, що також містять лікарські засоби й ін.

Визначальною характеристикою ФВС є наявність у них фармацевтичних речовин (далі – ФР) або ж забрудненість такими скляної ємності. Негативний вплив цих відходів виявляється по-різному [9]. Вплив на природні води виражається в забрудненні підземних вод ФР через стічні води полігонів, що негативно впливає на функціонування біологічних компонентів водних екосистем та знижує екобезпеку поверхневих вод, погіршує якість питної води. Потрапляння ФР до ґрунту призводить до забруднення сільськогосподарських земель, гальмування життєдіяльності корисних мікроорганізмів, залужування стоків та засмічення ландшафтів. ФР шкідливо впливають і на здоров'я людини. Вони можуть призвести до появи серцево-судинних і онкологічних захворювань, дистрофічних змін, алергії, гормональної дисфункції, до змін в імунній та ендокринній системах. Під час утилізації ФВС і розміщенні відходів на полігонах утворюються шкідливі викиди та скиди, проходить обмінення патогенними мікроорганізмами об'єктів довкілля.

Найбільшу кількість фармацевтичних речовин у ФВС мають скляні ампули, які застосовуються для упакування й однодозового використання розчину лікарського препарату. Такі ампули у великій кількості використовуються для лікування хворих методом ін'єкцій. Операції ампулювання передбачають наповнення ампул розчином, більшим за номінальний, оскільки необхідно забезпечити необхідну дозу ліків у шприці. Так, наприклад, за номінального об'єму лікарського препарату 10,0 мл фактичне заповнення ампули для нев'язких речовин становить 10,50 мл, а для в'язких – 10,70 мл. Отже, за номінального об'єму лікарського препарату 20 мл фактичний об'єм розчину в ампулі збільшується до 20,60 мл та 20,90 мл [8]. Загалом утворення рідинних залишків

фармацевтичних речовин становить 160 л/т. У ФВС у формі ампул завжди будуть залишки складних органічних сполук, що негативно впливають на довкілля.

Попередження надходження фармацевтичних речовин у довкілля в операціях поводження із ФВС у формі ампул є необхідною екологічною передумовою для розроблення схеми утилізації відходів у керамічному виробництві. З урахуванням цього стандартні методи підготовки сировини до утилізації повинні доповнюватись операціями знешкодження фармацевтичних речовин, що містилися в ампулах.

Нормативними вимогами щодо сировини, яка застосовується в керамічному виробництві, є використання незасмічених, чистих матеріалів. Отже, попередньою операцією перед утилізацією ФВС як вторинного ресурсу є не тільки вилучення з ампул залишків лікарського препарату, а і змив забруднень зі склобою.

Для очистки стічних вод, що містять лікарські препарати, можуть бути використані різні хімічні, фізико-хімічні та комбіновані методи [10; 11]. Нові процеси базуються на окислювальних технологіях, як-от озонування за ультрафіолетового випромінювання та за ультрафіолетового випромінювання з пероксидом водню, процеси «Пероксон», «Карбазон», «Сонозон», «Фентона», а також окислення оксидантним газом, у суперкритичній воді, фотокаталітично й ін. Водночас не всіма методами можна досягти очищення вод від стійких фармацевтичних речовин. Так, діюча речовина диклофенак, яка міститься в лікарських засобах протизапальної і безболісної дії, пройшовши очисні споруди, не руйнується і надалі поступає та накопичується в багатьох природних водах. Тому для знешкодження розчинів, що містять фармацевтичні препарати, необхідно використовувати спосіб очищення стічних вод, що гарантує деструкцію стійких фармацевтичних забруднювачів. Електрохімічні просунуті окислені процеси вважаються одними з найефективніших для видалення стійких органічних забруднювачів, а також фармацевтичних речовин. Анодне окислення є більш раціональним порівняно з іншими методами, оскільки не потребує додаткових хімічних реагентів, забезпечення катода киснем та додаткового обладнання [9].

Для знешкодження вилучених із ФВС фармацевтичних речовин доцільне використання електрохімічної деструкції (анодне окислення). Анодне окислення дозволяє мінералізувати органічні речовини, отже, знизити негативну дію фармацевтичних речовин на довкілля. Для знешкодження розчинів фармацевтичних речовин, що містяться у ФВС, доцільним є спосіб електрохімічної деструкції [9].

Очевидно, що збір та накопичення ФВС можуть супроводжуватися не тільки забрудненням скла, але й механічним пошкодженням та побиттям скляних ємностей, що призводить до розливу рідини. Останній факт потребує удосконалення даних операцій поводження із ФВС і не враховується під час

розроблення схеми підготовки відходів до утилізації, бо основна маса фармацевтичних речовин залишається в ампулах.

Перед проведенням основних операцій підготовки ФВС до утилізації передбачається організований збір ФВС та їх транспортування до підприємства, що здійснює послуги з поводження з відходами.

На рис. 1 приведена принципова схема підготовки ФВС для їх використання як вторинного ресурсу у виробництві керамічної плитки.

ФВС, що поступають на утилізацію, містять забруднення та деякі сторонні домішки. Крупні домішки видаляються з відходів уручну. Зважаючи на те, що нині, крім промивки, відсутні інші економічно виправдані способи одержання чистого склабою, у даній схемі пропонується видалення забруднення промивкою водою в обертовому барабані. Застосовується барабан із приводом, оснащеним варіатором, який дозволяє виконувати дії за оптимально низьких обертів апарату.

Стічні води, що містять зважені речовини, спрямовуються у відстійник, а потім повертаються на промивку ампул.

Варто зазначити, що надходження промивної води через капіляри в ампули, які містять залишки лікарської рідини, не уявляється можливим, оскільки для цього потрібні такі умови, що створюють зміну тиску (у промислових умовах використовується вакуумне, шприцеве та параконденсаційне наповнення ампул розчинами).

Після просушування ампул за температури не більше 100 °С відходи направляються у валкову дробарку. В останній ампули подрібнюються до розмірів уламків скла не більше 5,0 мм. Дробарка повинна бути максимально закритою заслінками та резиновими фартухами для затримання уламків скла. Похилим жолобом склобій із залишками фармацевтичних речовин рухається в обертовий барабан, де проводиться промивка водою. Пульпа, що містить фармацевтичні речовини та склобій, жолобом подається на вібросито



Рис. 1. Принципова схема підготовки ФВС для утилізації у виробництві керамічної плитки

для відокремлення на дві фракції: склобій та промивні води, які містять лікарські речовини. Рекомендується вибросити з полотном із нержавіючої сталі, що має розмір комірок не більше 180 мкм. З вибросита чистий склобій вивантажується в кубель із перфорованим днищем, зроблений із нержавіючої сталі. Фільтрат, що утворився під час проходження пульпи через вибросито, збирається в ємність для електрохімічної очистки. Сюди ж додаються залишки фільтрату з кубелів.

Утворені стічні води із вмістом лікарського засобу піддаються електрохімічному очищенню, а потім використовуються на першій стадії у системі підготовки ФВС для утилізації.

Просушений у кубелях за температури навколишнього середовища склобій збирається в поліпропіленову тару для відвантаження на керамічне виробництво.

Головні висновки. Фармацевтичні відходи зі скла, що містять фармацевтичні речовини, належать до небезпечних і водночас є цінною вторинною сировиною. Хімічний склад та фізико-механічні характеристики, а також обсяги утворення таких відходів в Україні дозволяють рекомендувати їх для використання у промисловому виробництві керамічної плитки.

Схема підготовки ФВС як вторинного ресурсу у виробництві керамічної плитки передбачає обов'язкову стадію знешкодження фармацевтичних речовин, які поступають у стічні води під час промивки склобою, шляхом електрохімічної деструкції.

Запропонована принципова схема підготовки відходів до утилізації сприяє екологічно безпечному та раціональному процесу утилізації ФВС.

Література

1. Про схвалення Національної стратегії управління відходами в Україні до 2030 р. : розпорядження КМУ від 8 листопада 2017 р. № 820-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/820-2017-%D1%80>.
2. Самойленко Н., Баранова А. Фармацевтичні відходи зі скла та їх ресурсна база в Україні. *Вісник НТУ «ХПІ»*. Серія «Нові рішення в сучасних технологіях». 2017. № 23 (1245). С. 170–175.
3. Гурець Л., Коголець А., Котова І. Зниження рівня техногенного навантаження на довкілля під час використання відходів зі скла. *Екологія і виробництво*. URL: <http://ecoj.dea.kiev.ua/archives/2018/4/11.pdf>.
4. Охрімченко О., Вогнівенко Л., Біла Т. Методи переробки твердих побутових відходів. *Таврійський науковий вісник*. Херсон : ДВНЗ «ХДАУ», 2018. № 101. С. 214–219.
5. Long-Term Sustainability from the Perspective of Cullet Recycling in the Container Glass Industry: Evidence from Italy / M. Testa et al. *Sustainability*. 2017. № 9 (10). URL: <https://www.mdpi.com/2071-1050/9/10/1752/htm>.
6. Sustainability in the EU cement industry: The Italian and German experiences / S. Supino et al. *Journal of Cleaner Production*. 2016. № 2. URL: https://www.researchgate.net/publication/283938193_Sustainability_in_the_EU_cement_industry_The_Italian_and_German_experiences.
7. Recycling of glass cullet as aggregate for clays used to produce roof tiles. / F. Costa et al. *Materia*. Rio de Janeiro. 2009. № 14 (4). URL: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1517-70762009000400007.
8. Самойленко Н., Щукіна Л., Баранова А. Використання вторинного ресурсного потенціалу фармацевтичних відходів зі скла у виробництві керамічної плитки. *Вісник НТУ «ХПІ»*. Серія «Нові рішення в сучасних технологіях». 2018. № 26 (1302). Т. 2. С. 93–99. DOI: 10.20998/2413-4295.2018.26.38.
9. Implementation of the method of electrochemical destruction during disposal of pharmaceutical glass waste / N. Samoilenko et al. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2017. Vol. 5/ № 10 (89). P. 39–45.
10. Долина Л., Савина О. Очистка вод от остатков лекарственных препаратов. *Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту*. Серія «Наука та прогрес транспорту». 2018. № 3 (75). С. 36–51.
11. Радченко Н. Новые подходы в области очистки промышленных сточных вод. *Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій*. 2015. Вип. 47 (1). С. 52–57.