

УДК 502.174:666.127(477+4-6ЄС)

DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716-2018-4-23-9>

ЗНИЖЕННЯ РІВНЯ ТЕХНОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА ДОВКІЛЛЯ ПІД ЧАС ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ СКЛА

Гурець Л.Л., Котолевець А.С., Котова І.І.
Сумський державний університет
вул. Римського-Корсакова, 2, 40007, м. Суми
kotolevets.a@gmail.com

У статті проведений аналіз системи поводження з відходами склобою в Україні та країнах Європи, розглянуті напрями використання склобою в промисловості, розроблені пропозиції щодо впровадження системи збирання, сортування та підготовки скла. *Ключові слова:* поводження з відходами, тверді побутові відходи, склобій, система збирання відходів, утилізація.

Снижение уровня техногенной нагрузки на окружающую среду при использовании отходов стекла. Гурець Л.Л., Котолевець А.С., Котова І.І. В статті проведено аналіз системи оброблення з відходами склобою в Україні та країнах Європи, розглянуті напрями використання склобою в промисловості, розроблені пропозиції щодо впровадження системи збирання, сортування та підготовки скла. *Ключевые слова:* обращение с отходами, твердые бытовые отходы, стеклобой, система сбора отходов, утилизация.

Reducing the level of anthropogenic environmental impact due to the use of glass waste. Hurets L., Kotolevets A., Kotova I. The analysis of the waste glass treatment system in Ukraine and European countries is carried out. Considered the use of cullet in industry, developed proposals for the implementation of a system for collecting, sorting and preparing glass. *Key words:* waste management, municipal solid waste, cullet, waste collection system, recycling.

Постановка проблеми. Світовий технічний прогрес закономірно призвів до того, що існування людини стало екологічно небезпечним передусім через утворення та накопичення величезної кількості відходів виробництва і споживання. За даними національної стратегії управління відходами в Україні, обсяги утворення твердих побутових відходів (далі – ТПВ) у 2016 році становили близько 11 млн. тонн [1]. Незважаючи на те що протягом останніх 20 років чисельність населення України постійно скорочується, обсяги утворення відходів збільшуються. Показник утворення відходів в Україні в середньому становить 250–300 кілограмів на рік на людину й має тенденцію до зростання. Як правило, внаслідок недостатнього рівня контролю або відсутності належної системи поводження з побутовими відходами, за офіційними даними, щороку утворюється понад 27 тис. несанкціонованих сміттєзвалищ [1].

Багато видів відходів добре піддаються знешкодженню й переробці з метою їх подальшої утилізації, проте рівень використання таких відходів залишається все ще низьким. Проблеми, що перешкоджають розвитку ринку вторинних матеріальних ресурсів з відходів споживання, можна розділити на техніко-технологічні, організаційно-управлінські, економічні й інформаційні.

У складі ТПВ 12% – склобій. Основний обсяг відходів скла утворюється за рахунок різних видів склотари. З погляду екології скло вважається досить важко утилізованим відходом. Якщо органічні відходи здатні повністю розкладатися протягом 1–3 років, полімерні матеріали розкладаються через 5–20 років, то скло може зберігати свої властивості більше ніж 100 років [2]. Зменшити обсяги відходів і зберегти близько 10 000 гектарів землі щорічно можливо шляхом вторинної переробки скла. Сьогодні скло є одним із найважливіших матеріалів, який відіграє ключову роль як у традиційних секторах промисловості (будівельна, автомобільна, пакувальна), так і в більш інноваційних (медицина, оптика, телекомунікації, авіація високі технології й космонавтика) [3]. Воно також відіграє одну з пріоритетних ролей в економії енергетичних ресурсів і первинної сировини на підприємствах [4; 5]. У зв'язку з цим необхідно виявити основні проблеми, з якими доводиться стикатися в Україні, для досягнення найголовніших цілей щодо рециркуляції скла.

Основна **мета роботи** – оцінити продуктивність скляної промисловості з погляду переробки склобою, дослідити проблему та напрями утилізації відходів скла в Україні порівняно з іншими країнами світу й обґрунтувати доцільність утилізації скляних виробів.

Виклад основного матеріалу. Скляні вироби посідають особливе місце в круговій економіці, оскільки скло визначається як «постійний матеріал», тому що він повністю й нескінченно переробляється без будь-якого погіршення його властивостей [6]. Перша згадка про «постійні матеріали» в європейському законодавстві датується 2012 роком у резолюції ресурсоефективності Європи. З погляду сталого розвитку можемо подати таке визначення: «Постійно доступні матеріали – це ті, які повторно використовуються, або перероблюються без втрати якості незалежно від того, скільки разів матеріал переробляється» [6].

Виробництво скла – високотемпературний процес, у ході якого споживається значна кількість невідновлюваних ресурсів та енергії (паливо, електроенергія), що сприяє постійному збільшенню екологічного навантаження на навколишнє середовище. Скляна промисловість потребує переходу до більш високих рівнів енерго- й ресурсоефективності, а також упровадження комплексних заходів для зменшення навантаження на довкілля.

До екологічних проблем виробництва скла насамперед належать такі:

- утворення твердих відходів (склобій, сировинні матеріали підготовки шихти у вигляді пилу);
- суспензії та шлами (шлами й осадки систем підготовки шихти та очищення стічних вод);
- газоподібні викиди (гази скловарних печей, що містять оксиди азоту, сірки й вуглецю, димові гази сушильного цеху, газова фаза та повітря зі стадій відпалу й обробки скловиробів).

Переробка склобою відіграє одну з пріоритетних ролей в економії ресурсів і первинної сировини на підприємствах, а також сприяє збереженню навколишнього середовища. Так як склобій – це високоякісний сировинний матеріал, його використання у виробництві скла призводить до такого:

- скорочення споживання первинної сировини (кварцовий пісок, сода, доломіт тощо),
- зменшення викидів CO_2 , який утворюється під час плавлення сировини,
- продовження терміну служби до 30% і збільшення потужності печі через більш низьку температуру і скорочення тривалості часу плавлення,
- використання меншої кількості палива, що також сприяє зниженню викидів NO_x , SO_2 в навколишнє середовище,
- збереження ділянок землі за рахунок збирання й утилізації, замість поховання,

- 100% вторинна переробка [7].

За даними Державної служби статистики України (таблиця 1), можна помітити збільшення утворення скляних відходів останніми роками, але утилізація або видалення відходів залишається незначною [8].

Унаслідок значних обсягів неутілізованого склобою з кожним роком зростає площа земель, виведених із господарського обороту під полігони ТПВ. Процес вимивання окремих компонентів зі склобою під впливом атмосферних опадів призводить до забруднення ґрунтових вод. Пил склобою розноситься вітром і негативно впливає на стан атмосферного повітря поблизу полігонів ТПВ [9].

Першим етапом раціонального поводження зі скляними відходами є збирання й сортування. Практика правильного сортування сміттєвих відходів уже не одне десятиліття застосовується за кордоном. Вона є не тільки добровільним рішенням окремих компаній і громадян, а й справжньою державною програмою, яка впроваджується на законодавчому рівні.

Наприклад, у багатьох промислово розвинених країнах з початку 70-х років ХХ ст. проводиться робота щодо створення системи селективної заготовки відходів скла. Для збирання склобою і склотари встановлюються контейнери в спеціально відведених для цього місцях. Використовувалися й контейнери спеціальної конструкції, наприклад, із трьома відсіками для склобою різного кольору. Таке сортування сприяє виробленню із вторинної сировини продукції відмінної якості. Ініціаторами такої заготовки, як правило, є фірми – виробники скла.

Хорошим прикладом розумного підходу в цій сфері може слугувати Німеччина, де всі відходи суворо класифікуються залежно від можливості їх повторного використання, а підприємства, що допускають утворення сміттєзвалищ, змушені платити додаткові внески в державну казну. Із цих штрафних сум потім оплачується розбирання й сортування сміттєвих звалищ [10].

Швейцарія з моменту заборони змішаного викиду відходів на громадські звалища 2000 року досягла високих показників переробки в 50–80%. Тут практикується використання спеціальних побутових пакетів або контейнерів, що дають змогу розділити батарейки, пробки від пляшок, скло, папір, старий одяг та інші види сміття [11].

У Німеччині, Франції, Італії, Бельгії, Данії, Австрії, Нідерландах сортування побутових відходів населенням матеріально стимулюється. Там кожному

Таблиця 1

Обсяги утворення скляних відходів і поводження з ними, тис. т.

Рік утворення	2013	2014	2015	2016	2017
Утворення відходів	40,1	23,5	22,3	25,8	34,3
Утилізація відходів	14	1,8	2,1	1,8	3,4
Видалення у спеціально відведені місця	0,1	0,3	0,3	1,0	0,3

групу відходів вивозять окремо за певними графіками. Мешканці будинків кладуть відходи до контейнерів або пакетів, різних за кольорами чи емблемами-позначками. Придатні для утилізації компоненти транспортуються до сортувальних установок, де їх доводять до кондиції, яка відповідає технічним умовам приймання на промислові підприємства як вторинної сировини [12].

За рахунок використання роздільного збирання й сортування багатьох розвинених країн світу практично повністю вирішують проблему поводження зі скляними відходами, про що свідчить дані таблиці 2 [13; 14; 15; 16; 17].

Таблиця 2

Обсяги утворення та перероблення скляних відходів у країнах світу, тис. т.

Країна	Отримано	Утилізовано	%
США	11 470	3 030	26
Фінляндія	84 815	76 975	90,7
Велика Британія	2 399	1 609	67,1
Австрія	252, 8	234	93
Данія	150, 408	146,926	98
Німеччина	2483, 2	2183, 2	88
Франція	2 712	1 992	73
Європа	16 575,479	11 825, 477	71

Утилізація скла може проходити по замкнутому циклу, це означає, що скло переробляється назад у той самий тип продукту. Процеси із замкнутим циклом забезпечують найвищу фінансову й екологічну віддачу. Однак для цього потрібно скло з низьким рівнем забруднення й у стані, придатному для кольороподілу, що має труднощі під час збирання [18]. Поряд із використанням власного скла, який утворюється на окремих стадіях процесу, застосовується вторинний або привізний бій, що подається пунктами прийому склотари, базами вторсировини.

У Швейцарії працює скловарна піч, яка виробляє 200 т/добу зеленого скла. Шихта містить 80–85% скла, економія палива при цьому становить 0,25% на 1% переробленого скла. У деяких випадках у печах використовується до 100% скляних відходів. Процентний уміст скла під час виробництва скляних виробів у різних країнах світу наведений у таблиці 3 [19].

Таблиця 3

Середня питома витрата скла у виробництві тари за кордоном

Країна	Скlobій, %
США	30–60
Швейцарія	80–85
Німеччина	30
Нідерланди	40
Чехія	24
Угорщина	20

На скловарних заводах використовуються різні технологічні схеми, які відрізняються складом шихти, співвідношенням шихта/скlobій, способом їх помелу й завантаження в піч, температурним режимом скловаріння печей і способом формування виробів, але при будь-якому технологічному процесі використання скла необхідно [19].

Скло після споживача зазвичай містить суміш прозорого та пофарбованого матеріалу й часто забруднюється іншими відходами, що вимагає великих витрат. Тому доцільно використовувати процес утилізації з відкритим циклом. Це процес, у якому скло переробляється в інший продукт, який зазвичай має обмежені можливості для подальшої переробки. Існує можливість використовувати перероблене скло як основи матеріалу для будівництва дорожніх покриттів. Наявність скла в суміші асфальтобетону покращує її здатність утримувати тепло, так можна отримати більш щільне дорожнє покриття, ніж у разі застосування звичайного асфальту. Такий спосіб утилізації може бути рентабельним і виключає необхідність сортування [20].

Відходи скла можуть бути використані у виробництві будівельних матеріалів. Енергозберігаюча технологія виробництва матеріалів на основі скла дуже проста, вона не вимагає спеціального обладнання й дає змогу вести виробництво на вільних площах діючих об'єктів будіндустрії без особливих матеріальних вкладень. Після операцій сортування, дроблення, помелу й поділу на фракції скло стає повністю готовою сировиною для отримання будівельних матеріалів і виробів. Фракції скла більше ніж 5 мм застосовують у бетонах як великий заповнювач, дрібні фракції – як дрібний заповнювач, а тонкомолотий порошок – як зв'язувальну речовину [2].

У Гонконгському політехнічному університеті проведена велика дослідницька робота з пошуку практичних способів утилізації відпрацьованого скла для виробництва різних бетонних виробів, таких як бетонні блоки, бетон, який самоущільнюється, й архітектурний бетон [21].

Широко застосовується скlobій також у виробництві оздоблювальних матеріалів. Битим склом можна обробляти зовнішні стіни будівель, робити художнє оформлення вестибюлів, ванних кімнат та інших приміщень. Усе більше застосовуються облицювальні плитки, виготовлені з використанням скла. Серед облицювальних плиток особливе місце посідає склокерамічна плитка, яка відрізняється своєю довговічністю, морозо- й атмосферостійкістю і здатністю підтримувати нормальний мікроклімат усередині будівель. З неї можна набирати «килими», що надають будівлям оригінального вигляду. Плитка є дешевим облицювальним матеріалом, причому виготовлення облицьованих нею панелей може бути механізовано на всіх стадіях виробництва [22].

Ще одним напрямом використання скла є виробництво скловолна. Кількість скляного бою

у вихідній сировині для виробництва скловолокна може становити до 90% загального обсягу, що дає змогу знизити його собівартість.

Отже, останніми роками накопичений значний досвід використання склобою в різних галузях господарювання, однак через відсутність системи перероблення (у тому числі системи роздільного збирання) Україна втрачає мільйони тонн ресурсоцінних матеріалів. Розвиток роздільного збирання є невід'ємною частиною використання склобою як вторинної сировини.

Відходи скла можуть збиратися або окремо, або через муніципальне господарство обробки, після цього відправляються на очисні споруди, де скло відділяється від домішок (папір, метал, пластик, дрібні фракції скла).

На рис. 1 запропонована основна схема сортування та утилізації [6].

Для очищення від домішок скlobій засипається в бункер, потім у привідному барабані транспортера електромагнітом відокремлюються металеві включення. Оброблений скlobій, отриманий методом селективної заготовки або виділений із побутових відходів, може бути підданий додатковій обробці з метою видалення з нього алюмінієвих, керамічних та інших включень, а також сортування за кольором. Така додаткова обробка й сортування дає змогу підвищити якість продукції, що виготовляється з його використанням, і розширити сферу застосування склобою. Отриманий продукт піддається подрібненню для забезпечення потрібного розміру частинок. За допомогою вагового дозування шихти і склобою забезпечується задане співвідношення вихідних матеріалів.

Усе вищенаведене свідчить, що головною причиною низького рівня залучення склобою в повторне використання є відсутність необхідної інфраструктури. Збирання, транспортування й особливо сортування відходів скла є дорогими статтями утиліза-

ції відходів [7]. Рівнем цих витрат значною мірою визначається економічна доцільність вторинного використання склобою. У зв'язку з цим необхідно надавати велике значення питанням удосконалення методів збирання та сортування відходів скла.

Спираючись на досвід інших країн, Україна може вибрати найбільш оптимальний варіант з переробки та утилізації відходів скла. Це може бути:

- селективна заготовка, яка передбачає збирання й сортування відходів на місці їх утворення;
- централізована заготівля, що передбачає виділення скла зі змішаних відходів на спеціалізованих підприємствах.

Ще однією проблемою є відсутність вітчизняного обладнання для механізованого очищення склобою від сторонніх домішок і бруду, а також для поділу його за кольорами, що практично виключає використання склобою. Змішаний же скlobій для виготовлення світлої склотари й багатьох інших виробів не підходить через різний хімічний склад.

Іншою проблемою, що перешкоджає залученню відходів у господарський оборот, є те, що собівартість захоронення відходів набагато нижча за собівартість їх переробки. У сфері поводження з відходами є також низка структурних проблем, викликаних недосконалістю чинного законодавства в цій сфері: відсутність координації між муніципальними утвореннями та владою різного рівня під час здійснення ними повноважень у сфері поводження з відходами; відсутність контролю з боку держави за транспортними потоками відходів; відсутність ефективних важелів спонукання учасників діяльності щодо поводження з відходами до дотримання вимог екологічної безпеки та мінімізації негативного впливу відходів на навколишнє середовище.

Головні висновки. Переробка склобою – це одна з пріоритетних ролей в економії ресурсів і первинної сировини на підприємствах. Завдяки вторинному

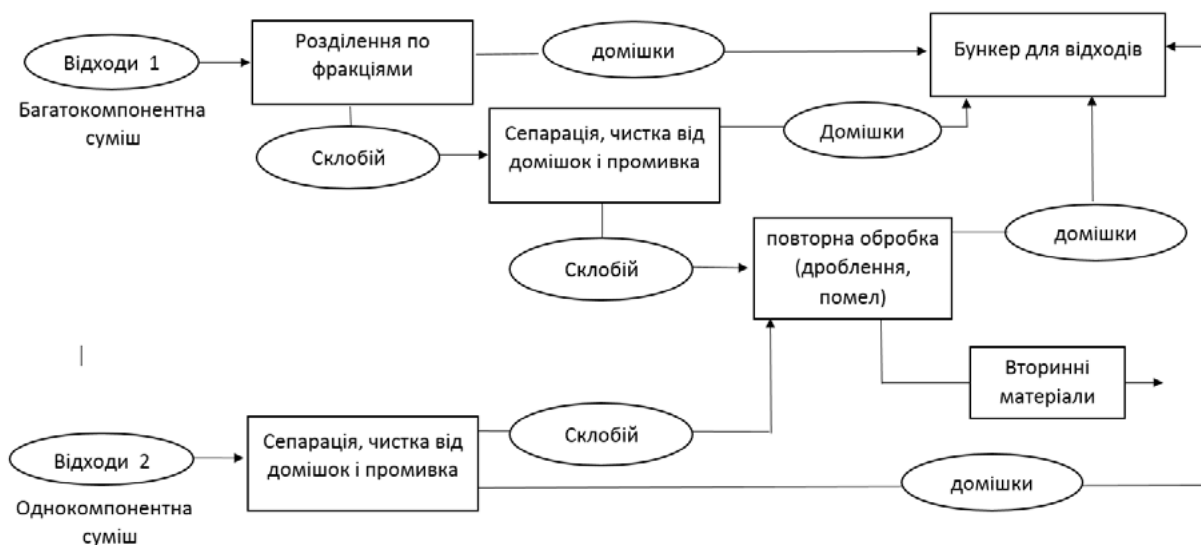


Рис. 1. Основна схема сортування й утилізації скляних відходів

використанню скла можна зменшити негативний вплив на довкілля та знизити енергоспоживання.

Але сучасні способи управління відходами в Україні орієнтовані на полігонне захоронення, їх розміщення на сміттєзвалищах, більшість із яких не відповідають вимогам екологічної безпеки. Через низькі тарифи на послуги із захоронення відходів не впроваджуються інноваційні технології й системи щодо утилізації та переробки.

Запобігання накопиченню відходів, повторне використання та краще управління відходами загалом мають вирішальне значення для мінімізації впливу на довкілля. Отже, для зростання рівня використання склобою потрібно:

- створити систему збирання від населення й виділення склобою з побутових відходів, так як

відсоток потрапляння його в побутові відходи значний;

- велику увагу приділяти впровадженню різних схем збирання, включаючи галузеві відмінності й колір скла;

- ефективному використанню склобою може сприяти організація спеціалізованих підприємств щодо його обробки, на яких буде здійснюватися його подрібнення, очищення й сортування;

- розвивати раціональні напрями використання склобою, що дають змогу економити первинну сировину;

- підвищувати обізнаність серед населення та інші цілі за допомогою комунікації й освітніх кампаній. Успіх системи заготівлі пояснюється насамперед активністю населення.

Література

1. Національна стратегія управління відходами в Україні до 2030 року: Розпорядження Кабінету Міністрів України від 08.11.2017 № 820-р. Офіційний вісник України. 2017. № 94. Ст. 2859.
2. Chung S., Elrahman M., Sikora P. et al. Evaluation of the Effects of Crushed and Expanded Waste Glass Aggregates on the Material Properties of Lightweight Concrete Using Image-Based Approaches. *Materials*. 2017. doi: 10.3390/ma10121354.
3. A touch of glass for extra-large multi-touch screens. AGC Glass Europe. URL: <http://www.agc-glass.eu/ru/news/story/innovacionnoe-steklo-dla-sirokoformat-nyh-multisensornyh-ekranov> (дата звернення: 15.11.2018).
4. Testa M., Malandrino O., Sessa M. R. et al. Long-Term Sustainability from the Perspective of Cullet Recycling in the Container Glass Industry: Evidence from Italy. *Sustainability*. 2017. doi:10.3390/su9101752.
5. Supino S., Malandrino O., Testa M., Sica D. Sustainability in the EU cement industry: the Italian and German experiences. *Cleaner Production*. 2016. doi: 10.1016/j.jclepro.2015.09.022.
6. Tiozzo S. Permanent Materials in the framework of the Circular Economy concept: review of existing literature and definitions, and classification of glass as a Permanent Material. Murano. 2016. URL: <http://feve.org/wp-content/uploads/2016/09/SSV-Report-on-Glass-as-Permanent-Material.pdf>.
7. Kovacec M., Pilipovic A., Stefanic N. Impact of Glass Cullet on the Consumption of Energy and Environment in the Production of Glass Packaging Material. URL: <http://www.wseas.us/e-library/conferences/2011/Montreux/COMICI/CBIO/COMICIBIO-30.pdf>.
8. Державна служба статистики України. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua>.
9. Пузанов С.И. Оценка комплексного воздействия стеклобоя на окружающую среду и совершенствование технологий его вторичного использования: дисс. ... канд. техн. наук: спец. 03.00.16. Пермь, 2010. 184 с.
10. Артуганова А.И. Проблема отходов в России. Санкт-Петербург: Частное образовательное учреждение дополнительного образования «Лингвистический центр «Тайкун», 2018.
11. Акопов С.Е. Питання поводження з твердими побутовими відходами в Україні та країнах Європи. Вісник Донбаської державної машинобудівної академії. 2016. № 1 (37). С. 116.
12. Наумовська О. Шляхи вирішення утилізації і переробки побутового сміття сільських територій. Національний університет біоресурсів і природокористування України. 2013. С. 335–340.
13. Glass: Material-Specific Data. United States Environmental Protection Agency. URL: <https://www.epa.gov/facts-and-figures-about-materials-waste-and-recycling/glass-material-specific-data>.
14. UK Statistics on Waste. Department for environment Food and Rural Affairs. URL: tps://www.stat.fi/til/jate/2015/jate_2015_2016-12-20_en.pdf.
15. Waste statistics 2015. Environment and Natural Resources. 2016. URL: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/746642/UK_Statistics_on_Waste_statistical_notice_October_2018_FINAL.pdf.
16. Statistics of the glass recycling industry. European Federation of Glass Recyclers. URL: <http://www.ferver.eu/en/statistics>.
17. Чупрова Л.В. Экологические и экономические аспекты утилизации отходов стекла. Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2016. № 11-2. С. 222–225.
18. Исследование возможностей переработки стеклобоя и энергоэффективности производства стекла в Российской Федерации: Краткое содержание отчета для обсуждения с заинтересованными сторонами / по заказу Европейского банка реконструкции и развития. Контракт С21162/CATC-2010-10-07. 2012. С. 36.
19. Чупрова Л.В. Отходы производства и потребления стекла как сырье для получения качественной продукции. Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2016. № 12-4. С. 640–644.
20. Imteaz M., Ali M., Arulrajah A. Possible environmental impacts of recycled glass used as a pavement base material. *Waste Manag Res*. 2012. doi: 10.1177/0734242X12448512.
21. Linga T., Poona C., Wonga N. Management and recycling of waste glass in concrete products: Current situations in Hong Kong. *Resources, Conservation and Recycling*. 2013. Vol. 70. P. 25–31. doi: 10.1016/j.resconrec.2012.10.006.
22. Производство плитки из стекла. Мир стекла. URL: <https://www.mirstekla-expo.ru/ru/article-about-glass/proizvodstvo-plitki-iz-stekla/>.