

## МЕТОДИ БОРТЬБИ З ПЛАСТИКОВИМИ ВІДХОДАМИ В ВОДНИХ ОБ'ЄКТАХ, ОГЛЯД СВІТОВОГО ДОСВІДУ

Світлана Величко<sup>1</sup>, Олена Дупляк<sup>2</sup>

Київський національний університет будівництва і архітектури,  
31, Повітрофлотський проспект, Київ, 03037, Україна

<sup>1</sup>канд. тех. наук., velychko.sv@knuba.edu.ua, orcid.org/0000-0001-8848-289X

<sup>2</sup>канд. тех. наук., dupliak.ov@knuba.edu.ua, orcid.org/0000-0002-3500-5106

DOI: 10.32347/2524-0021.2022.40.4-15

**Анотація.** За останні двадцять років проблема забруднення водних об'єктів пластиком набула загрозливого масштабу. Зручний у використанні, легкий, водонепроникний матеріал має суттєвий недолік – дуже тривалий термін розкладання, що призвело до накопичення за останні 70 років 368 млн. тон пластику і накопичення продовжується. Забруднення навколишнього середовища пластиком актуальна проблема і в Україні та на її водних об'єктах. Джерелом потрапляння пластику в водні об'єкти є в першу чергу тимчасові звалища побутового сміття, з яких пластик під час дощів, поривами вітру та паводковими водами зноситься в річки та озера. Паводковими водами пластик розноситься по всій заплаві річки, забруднюючі русла річок та берегові смуги. В даній роботі виконаний аналіз світового досвіду використання споруд захоплення пластикового сміття та виконана оцінка використання цих конструкцій для умов гірських річок України. Особливостями гідрологічного режиму гірських річок є транспортування сміття під час паводків, значні коливання рівнів води при проходженні паводків, небезпека знаходження під час паводку в руслі річки для людей, великі швидкості руху води до 5 м/с, велика кількість сміття, яке окрім пластику включає стовбури дерев, гілки та інше великорозмірне сміття. В роботі розглянуті конструкції вловлювачів сміття бар'єрного типу, вловлювачі та споруди захоплення сміття на водовипусках та тимчасових водотоках. Споруди для збору сміття за допомогою плаваючих човнів, катамаранів, роботів не розглядались, тому що їх використання під час паводку є небезпечним, а в межений період малі глибини води в гірських річках не дозволяють їх ефективно використовувати. Споруди для затримання пластику, які потрібні на гірських річках повинні бути автономними, міцними, мати здатність утримувати велику кількість сміття, бути безпечними з екологічної точки зору, здатні працювати при швидкій зміні рівнів води та великих швидкостях. Аналіз існуючих конструкцій показує, що цим вимогам задовільняють конструкції, які знаходяться в доволі дорогому сегменті. В той же час відомо, що затримка пластику в водних об'єктах за вартістю в 10 разів перевищує вартість збирання та сортування сміття в населених пунктах. Отже, на жаль, проблему забруднення пластиком водних об'єктів не можливо вирішити тільки за рахунок дорогих споруд. В першу чергу для зменшення пластикового забруднення в водних об'єктах необхідно створити умови для запобігання потрапляння пластику в річки, а саме: добровільне обмеження використання пластику, відповідальність виробника за використання перероблюваного пластику, підвищення просвітницької роботи щодо шкоди пластику для навколишнього середовища та необхідності його збирання та сортування.

**Ключові слова:** макропластик, антропогенне забруднення, методи затримання пластику, бар'єри, вловлювачі, політика утилізації відходів.

## ВСТУП

Активне розповсюдження пластик отримав в 50-х роках минулого століття і з року в рік його кількість неухильно збільшувалась від 2 млн. тон в 1950-х до 368 млн. тон в 2019 р. На превеликий жаль тільки 9% пластику перероблюється, більшість пластику 79% залишається на звалищах або в природному середовищі [1]. За даними [2] 8-11 млн. тон пластикових відходів щорічно потрапляє в океан. 80% пластику транспортується в океан річками [3].

Що стосується України, точних даних по кількості накопичених пластикових відходів на організованих звалищах немає, за різними даними їх кількість коливається від 0,6-2,5 млн. тон, 20% складають пластмасові пляшки, 14% – пластикові контейнери, 20% – пластикові пакети та упаковка [4].

Сучасні дослідження щодо поводження з пластиковими відходами мають декілька напрямків: визначення кількості та складу пластикових відходів, що потрапляють в світовий океан [11,12]; організаційні та законодавчі механізми зменшення використання пластику та утилізації [5, 13]; способи переробки пластикових відходів [1]; методи збирання та запобігання потраплянню відходів в навколишнє середовище [1, 13-16].

Основною проблемою поводження з пластиковими відходами є тривалий час життя пластику, а отже накопичення пластикових відходів на звалищах та в природному середовищі. Пластикові відходи під впливом світла не розкладається, а розсіпається на дрібні частки (мікропластик), які переносяться течією на великі відстані та притягуючи забруднення осідають на дно водойми [6, 17].

Окрім суто естетичного впливу пластикового сміття на берегах річок та поверхні вод пластикові відходи несуть небезпеку для оточуючого середовища. Водні

тварини часто заплутуються або проковтують пластик, що призводить до їх травмування або загибелі тварин. Частинки мікропластику потрапляють в організми риб та людський організм після споживання цієї риби.

Небезпечні концентрації для здоров'я людини на сьогоднішній день не визначені. Вчені виділяють потенційні небезпеки мікропластику: накопичення токсинів, перенос на поверхні важких металів, патогенних організмів [18, 19].

Політика поводження з пластиковими відходами в ЄС відображена в Директивах (ЄС) 2019/904, 2015/720 (ЄС): значне скорочення вживання одноразового пластику, до 2030 р пляшки для напоїв повинні містити 30% переробленого пластику, роздільне збирання пластикових відходів, скорочення споживання пластикової упаковки, обов'язкова плата за пакування.

В 2017 р. в Україні була затверджена Національна стратегія управління відходами до 2030 р. встановлення вимог для роздільного збирання та зберігання відходів упаковки; 65 відсотків маси відходів упаковки, 60 відсотків пластику повинно перероблятися; проведення інформаційної роботи, спрямованої на підвищення обізнаності населення щодо поводження з відходами упаковки, контроль за випущеною кількістю пластику та утилізованого; розширена відповідальність виробника, яка включає обов'язок виробника зібрати та здати на переробку упаковку після закінчення життєвого циклу продукції. На сьогоднішній день Закон України «Про управління відходами» ще не прийнятий, а пластик продовжує накопичуватися в навколишньому середовищі та потрапляє в водні об'єкти.

### Мета досліджень

Аналіз світового досвіду методів боротьби з засміченням макропластиком водних об'єктів, визначення основних фак-

торів, що впливають за вибір методу затримання пластику у водних об'єктах з метою їх використання в Україні.

Для поставленої мети вирішувались наступні задачі:

- проаналізувати причини та шляхи потрапляння пластику в водні об'єкти;
- провести аналіз існуючих методів боротьби з забрудненням водних об'єктів пластиком та умови їх застосування.

### Об'єкт досліджень

Узагальнюючої інформації щодо кількості пластикових відходів в водних об'єктах і в прибережній смузі не має. Мають місце окремі дослідження щодо наявності пластику в окремих річках [6-10], але без встановлення кількісних характеристик. Найбільш гостро проблема пластикового сміття має місце на трансграничних річках (басейн річки Тиса), бо забруднення транспортується в сусідні країни, набуваючи розголосу та вимагаючи негайного вирішення. Так, за даними Угорщини зі сторони України пропливає 500 пляшок за хвилину під час паводку [20]. Хоча очищення водойм від пластикового сміття є проблемою для всіх водойм країни, і дана проблема має бути вирішена по всій Україні.

Проблема транспортування плаваючого пластикового сміття гірськими річками пов'язана з особливістю режиму гірських водотоків.

Паводки на гірських річках відбуваються до десяти разів на рік (рис.1): в теплий період року (травень-жовтень) відбувається 65% загальної кількості паводків і 35% - на холодний період (листопад-квітень). Паводки холодного періоду за витратою та підйомом рівнів води перевищують паводки теплого періоду. Рівні води на притоках в верхній (гірській) частині підвищуються на 2-4м, а в нижній частині (передгірській) піднімаються до 5-6м. На Тисі коливання рівнів сягає 6,0-10,0 м. За рахунок підвищення рівнів води в річці відбувається затоплення прибережної території смугою 15-60м в гірській зоні та до 115-500 м в передгірській частині [21]. Швидкість руху води в річці під час паводку сягає 2,5-5,0м/с.

Великі швидкості води та затоплення значних територій під час проходження паводку призводить до змивання легкого пластикового сміття з прилеглої до річки території заплави, спостерігається пряма залежність між кількістю сміття та проходженням паводку [11].

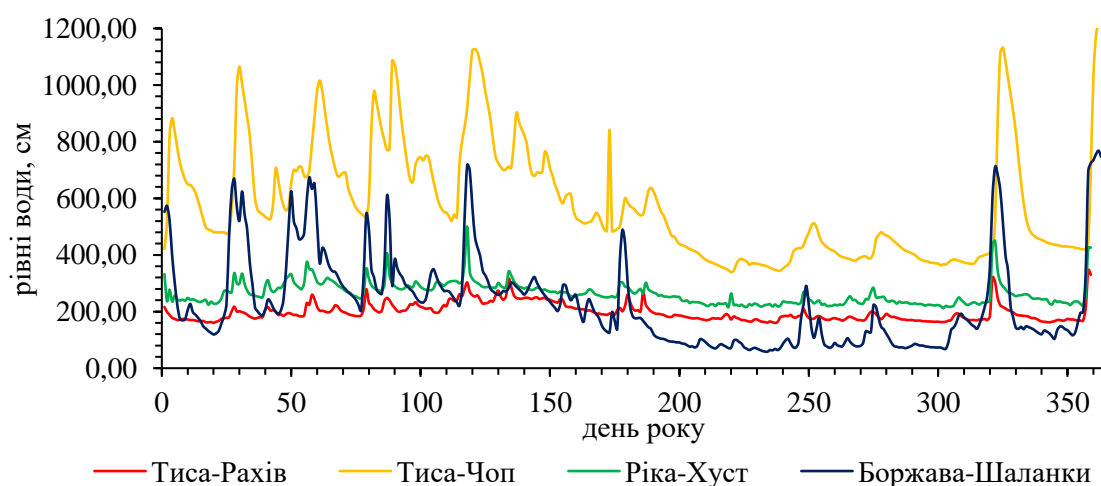


Рис. 1. Коливання рівнів води в річках басейну Тиси

Fig. 1. The water levels fluctuations in the Tizsa river basin

Крім пластику в воду під час паводку потрапляють залишки деревини, гілки, які зносяться в річку тимчасовими потоками під час дощів.

Для ефективної затримки пластикового сміття на гірських річках система затримки повинна відповідати вимогам, пов'язаним з особливостями гідрологічного режиму річки, бути не дорогою в установці та експлуатації.

Так як найбільша кількість сміття річкою рухається під час паводку, що складає небезпеку для людей в зоні затоплення, то система повинна бути **автономною**, працювати без участі персоналу. Система повинна бути **міцною**, розрахованою на утримання навалу великої кількості пластикового сміття та деревини. Система повинна легко змінювати вертикальне положення відповідно до зміни рівня води в річці, отже **працювати при значних коливаннях рівнів води**. Під час проходження паводку спостерігаються великі швидкості руху води, отже система повинна бути **стійкою при великих швидкостях**. Система повинна бути розрахована на **велику кількість сміття**. В гірських річках України мешкають цінні та рідкісні породи риб, отже споруда повинна бути **безпечною для риб** та не заважати пересуванню водних мешканців.

## ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Пластикове сміття є виключно антропогенним забрудненням, яке потрапляє в річки виключно в результаті діяльності людини. Що стосується річок, то пластик потрапляє в них з прибережної смуги шляхом здування під час сильного вітру, шляхом змивання дощовими водами та паводковою хвилею з заплави та в результаті безпосереднього скиду сміття в річки. Боротьба з пластиковим забрудненням класифікується (рис.2):

– системи та методи запобігання потрапляння пластику в водні об'єкти (системи управління пластиковими відходами, збирання пластику в прибережній смузі, системи затримки пластику в водовипусках дощових вод);

– системи вловлювання пластику в річках та каналах;

– системи збирання пластику за допомогою човнів та вловлювачів (розраховані на невеликі швидкості руху води в озерах, морях, водосховищах або суднохідних річках).

Співвідношення різних методів складає 42% – уловлення сміття із річок та дощових скидів, 24% – збір та утилізація пластикових відходів в населених пунктах та на береговій лінії та 35% – вловлювання сміття в морі [15]. Системи вловлювання сміття із річок поділяються на системи стаціонарні та плаваючі (човни, катери, вловлювачі). Гірські річки мають малі глибини води під час межені, отже переміщення човном вздовж річки не можливо, тому установки, які включають наявність човна і очищення за рахунок руху човна вздовж річки не розглядалися.

В роботі розглянуті системи запобігання потрапляння сміття в річки та системи збирання пластику в руслі річки.

Системи запобігання потрапляння пластику в річки через водоскиди та тимчасові водотоки, що утворюються під час дощу є значно дешевшими, ніж затримка пластику в водному об'єкті [1], особливо це стосується судноплавних та великих річок.

Смітєвий вловлювач (Trash Trap [22]) має форму сітки, натягнутій на раму для затримання пластику та іншого сміття на тимчасових потоках, які утворюються під час дощу. Сітка розташована під кутом 45° до потоку для збільшення стійкості системи.

Системи запобігання потрапляння сміття в водойми						
Управління відходами	Очищення запливи	Тимчасові водотоки		Водовипуск		
						
Системи вловлювання пластику в річках, каналах						
Бульбашки	Плаваючі бар'єри		Вловлювачі	Буни з вловлювачами		
						
Системи збирання пластику за допомогою човнів та вловлювачів						
Човен з бунами	Катамаран	Човни з черпаком	Судно з транспортером	Відро		
						

**Рис. 2.** Класифікація засобів боротьби з пластиком.  
**Fig. 2.** Classification of the plastic collecting system

Паркани для затримання пластику (Interceptor Trashfence the Ocean Cleanup). Сталева огорожа у вигляді паркану споруджена на сухому руслі річки. Сітка між опорами натягнута під кутом  $90^\circ$  до потоку. Коли раптова повінь приносить сміття, паркан перехоплює його і утримує на місці. Після спаду повені сміття видаляється екскаваторами та вивозиться самоскидами.

Решітки (Trash racks) [1] металеві решітки, які встановлюються на випуску з скидної труби. Решітки встановлюються нахилені під кутом  $60^\circ$  або вертикальні. Недоліком даної системи є накопичення сміття безпосередньо в трубі перед решіткою і значне зменшення пропускної здатності.

Мішки з сітки (StormX™ [15], Netting TrashTrap System [14]) – технологія затримання сміття за допомогою сітчастих

мішків закріплених на трубах водовипуску з діаметром від 0,6 до 3,0 м. Необхідна періодична заміна сіток вручну для малих діаметрів та за допомогою крану для великих сіток.

Мішки (PumpGuard [14]) – система розроблена для захисту насосного обладнання. В колодязі встановлюються сітчасті мішки на різних відмітках, що дозволяє приймати сміття при коливанні рівнів води. Вода зі сміттям проходить через сітки, сміття затримується, вода проходить. Необхідна періодична заміна сіток та пусти.

Сепаратори (In-line Litter Separator (ILLS) [14]) – система, облаштована в колодязі, яка дозволяє за допомогою решітки відділяти плаваюче забруднення в верхній частині колодязя, а вода протікаючи через решітку скидається в річку.

Системи для збирання пластику в річці поділяються на системи, які затримують і направляють забруднення до накопичення та системи з вловлювачами.

Булбашковий бар'єр (Bubble Barrier [13]) знайшов використання на судноплавних річках та каналах. На дно вкладається перфорована труба, по якій під тиском випускається повітря. Повітряні бульбашки піднімають пластик з товщі води на поверхню та направляють його до вловлювача. Дана система є достатньо простою, але вимагає додаткових енергетичних витрат і ефективніше працює при малих швидкостях руху води, також вона не здатна затримувати більш важке сміття, таке як стовбури дерев та гілки.

Найбільш розповсюджена конструкція для затримання пластику є плаваючі бар'єри різної конструкції. Бар'єри можуть мати різну форму, перекривати все русло або тільки його частину для можливості судноплавства. Бар'єр в залежності від закріплення може мати в плані С-подібну форму і накопичувати сміття перед собою, але бути розташованим під кутом до перерізу русла і за рахунок течії в річці направляти сміття до місця накопичення або до вловлювача.

PermaFence Boom [13] – поліетиленовий бар'єр з надводною та підводною частинами, до якого кріпляться плаваючі буни. Конструкція кріпиться анкерами до берегу з двох боків перпендикулярно або під кутом до перерізу річки. Підводна та надводна частина можуть мати різну довжину в залежності від кількості сміття.

В.О.В Litter Trap [13] – плаваючі буни секційного типу, що дозволяє створити будь-яку форму на поверхні води. Відсутність підводного загородження може призвести до запливання сміття під буну, в той же час відсутність сітки не створює перешкоди для руху риби. Випробування в реальних умовах підтвердило їх ефективну роботу при великій кількості сміття до 100 тон за період паводку.

Bandalong Boom Systems™ [13, 14] – Бар'єр може бути суцільним (для невеликих каналів) чи секційним. Секції виготовляються з виключно міцної та довговічної поліетиленової труби. Вони обладнані антивандальними фітингами та мають гумовий рукав на з'єднанні, щоб зупинити витік сміття через з'єднувальну секцію. Алюмінієва сітчаста спідниця під нижньою частиною труби (під водою) дозволяє затримувати занурене сміття або колоди. Конструкція розрахована на швидкість руху рідини 2,4-3,0 м/с, але може витримувати і більшу швидкість.

Litterbooms [13] – буну сконструйована з пластикової труби, яка кріпиться анкерами до берега, краще працює під кутом до перерізу русла, направляючи сміття до місця накопичення. За рахунок відсутності надводного та підводного частин бар'єру не може утримувати велику кількість сміття.

AlphaMERS Floating Barrier [13, 14] – алюмінієва сітка, яка має підводку та надводну частину, та кріпиться до поплавків для тримання на поверхні води. Система не розрахована на затримання деревини та крупногабаритного сміття.

TrashBooms [13] бар'єр складається із секцій поліетиленових труб, які закріплені в декілька рядів, та виконують функцію поплавків, до труб знизу закріплена сітка для затримки плаваючого пластику. є перешкодою для пластику. Бар'єр може мати С-подібну форму для затримки сміття або розташовуватися під кутом до перерізу русла для направлення сміття до місця складування. Для ефективної роботи сміття необхідно вибирати щодня.

Shoreliner [13] – Плаваюча конструкція з поліетилену, що направляє сміття до накопичувача. Перевагою є дешевизна конструкції, але вона розрахована на невелику кількість плаваючого сміття та невеликі швидкості руху води.

WATERGOAT [14] – сферичні великі поплавки з'єднані між собою і обтягнуті

сіткою, яка спускається під воду. Система натягується через перетин русла, може витримувати великі швидкості та затримувати велику кількість сміття. Недоліком конструкції є наявність сітки, в якій може заплутуватися риба або водні тварини.

CLEAN Trash [23] багатоярусний вловлювач у вигляді металевої клітки зі змінним положенням дна. Для збільшення ефективності затримки сміття до вловлювача симетрично приєднані плаваючі буни, що направляють сміття до вловлювача. Затримка сміття відбувається за рахунок течії. В лабораторних умовах робота установки перевірялась при швидкості 2,0-4,0 м/с. Ємність вловлювача орієнтовно 650 кг.

Clear River Litter Trap [14] – міцна металева клітка для збору плаваючого сміття. Вловлювач закріплюється біля берега, сміття подається у вловлювач за рахунок течії та плаваючого бар'єру. Вловлювач розрахований на 50 кг сміття протягом місяця.

SCG Litter Trap [14] – вловлювач, виготовлений із пластикових труб та надувних поплавків, за рахунок чого дана конструкція легко тримається на воді. Вловлювач може зібрати 700 кг/день. Вловлювач збирає сміття, яке течією запливає в середину конструкції.

Порівняльна таблиця систем вловлювання пластику наведена в таблиці 1. Всім вимогам для затримки великої кількості сміття при великих швидкостях відповідають дві системи: В.О.В Litter Trap та Bandalong Boom Systems. Обидві системи мають значну вартість, що пов'язано з забезпеченням міцності конструкції при протидії гідродинамічної сили води від навали сміття та деревини. Для зменшення навантаження на плаваючий бар'єр його необхідно розташовувати під кутом 30° до берегової лінії. Для тимчасового накопичення сміття необхідно

сформувати біля берегу ємність, з якої після проходження паводку необхідно сміття відсортувати та вивести.

Як свідчать дослідження [1], видалення пластику з водних об'єктів виявляється в 10 і більше разів дорожче ніж переробка пластикових відходів в межах плану поводження з відходами. Отже для більш ефективного затримання сміття та можливості використовувати більш дешеві конструкції, розраховані на меншу кількість сміття в першу чергу необхідно врегулювати питання збору та сортування сміття в населених пунктах, недопущення засмічення заплави поблизу міст та відсікання потрапляння пластику в основну річку тимчасовими водотоками та водовипусками дощових вод.

До вирішення проблеми пластикових відходів в річках необхідно підійти комплексно:

- добровільне (свідоме) обмеження використання пластику (використання багаторазових упаковок);
- відповідальність виробника за використання перероблюваного пластику;
- організація збору та сортування пластикового сміття в громадах, вивезення сміття на переробку або захоронення;
- проведення інформаційно роз'яснювальної роботи щодо необхідності збирання та сортування сміття, особливо важливої є така робота в закладах освіти починаючи з молодших класів. Збирання та сортування сміття повинно стати нормою;
- ліквідація несанкціонованих звалищ;
- збільшення фінансового покарання за засмічення заплави річок;
- проведення очищення заплави територій від сміття;
- організація затримки сміття на випусках дощових вод та тимчасових водотоках, які утворюються під час дощу;
- встановлення системи затримання та накопичення сміття в руслі річки.

**Таблиця 1.** Порівняння систем вловлювання пластику

**Table 1.** Comparison of the plastic capture systems

№	Система	Авто-ном-ність	Міц-ність	Коли-вання рівнів води	Стій-кість до великих швидко-стей	Велика кіль-кість сміття	Без-печна для риб	Вартість
1	Trash Trap	+	-	-	-	-	+	1000-4000\$ [1]
2	Interceptor Trashfence	+	+	-	-	+	-	-
3	Trash racks	+	+	-	+	-	+	1000-4000\$ [1]
4	StormX™, Netting TrashTrap System	+	-	-	-	-	+	4000 - 30000\$ [15]
5	PumpGuard	+	+	+	-	-	+	-
6	In-line Litter Separator	+	+	-	-	-	+	-
7	Bubble Barrier	+	-	-	-	-	+	≤10000 \$ [13]
8	PermaFence	+	-	+	+	-	+	≤10000 \$ [13]
9	B.O.B Litter Trap	+	+	+	+	+	+	10000 - 100000\$ [13]
10	Bandalong Boom Systems	+	+	+	+	+	-*	10000 - 100000\$ [13]
11	Litterbooms	+	-	+	-	-	+	≤10000 \$ [13]
12	Floating barrier AlphaMERS	+	-	+	-	+	-*	≤10000 \$ [13]
13	TrashBooms	+	+	+	-	-	-*	≤10000 \$ [13]
14	Shoreliner	+	-	+	-	-	+	≤10000 \$ [13]
15	WATERGO AT	+	-	+	-	-	-	≤10000 \$ [13]
16	CLEAN Trash	+	+	+	+	-	+	-
17	SCG Litter Trap	+	-	+	-	-	+	-

-\* негативний вплив на риб пов'язаний з наявністю сітки під поверхнею води для за-тримання великої кількості сміття. Вплив на іхтіофауни необхідно досліджувати.



## ВИСНОВКИ

1. Основні вимоги до систем збирання пластику в гірських річках є автономність, міцність, робота при значних коливаннях рівнів води, стійкість до великих швидкостей, екологічна безпечність, затримання великої кількості сміття.
2. Проблема засмічення річок пластикомими відходами є актуальною для всього світу, і на сьогодні розроблено достатньо багато конструкцій затримання сміття в водних об'єктах.
3. Якщо намагатися вирішити дану проблему на гірських річках Карпат в сучасних умовах, то вартість конструкцій для перехоплення пластику буде значною, що пов'язано з великим засміченням прибережної території навколо населених пунктів.
4. Умовами успішного зменшення пластикового забруднення в водних об'єктах є в першу чергу запобігання потрапляння пластику в річки, а саме: законодавча база, добровільні (свідомі) обмеження використання пластику, відповідальність виробника за використання перероблюваного пластика, підвищення просвітницької роботи щодо шкоди пластику для навколишнього середовища, зменшення використання пластику та необхідності його збирання.
5. Вимоги щодо перерізу річки, в якому встановлюється система затримання сміття: швидкість руху води повинна бути мінімальною; повинна бути можливість розташувати ємність для накопичення сміття; місце накопичення повинно мати під'їзд для автотранспорту для вивезення сміття.

## ЛІТЕРАТУРА

1. **Nikiema J., Asiedu Z.** A review of the cost and effectiveness of solutions to address plastic pollution // *Environmental Science and Pollution Research*, 2022, 29. P. 24547–24573. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-18038-5>
2. **Williams A T., Rangel-Buitrago N.** The past, present, and future of plastic pollution // *Marine Pollution Bulletin*, 2022, 176, 113429. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.113429>

3. **Vriend P., van Calcar C., Kooi M., Landman H., Pikaar R. and van Emmerik T.** Rapid Assessment of Floating Macroplastic Transport in the Rhine // *Frontiers in Marine Science*, 2020, 7, Article 10, 8 p. <https://doi.org/10.3389/fmars.2020.00010>
4. **Михайлова Є.О.** Пластикове забруднення – одна з головних екологічних проблем людства // *Комунальне господарство міст*, 2020, 4 (157). С. 109-121. <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2020-4-157-109-121>
5. **Karasik, R., Vegh, T., Diana, Z., Bering, J., Caldas, J., Pickle, A., Rittschof, D., Viridin, J.** 20 years of government responses to the global plastic pollution problem: The plastics policy inventory. NI X 20 // Durham, NC: Duke University, 2020. P. 20–105. URL: <https://nicholasinstitute.duke.edu/sites/default/files/publications/20-Years-of-Government-Responses-to-the-Global-Plastic-Pollution-Problem-New-1.pdf>
6. **Фортуна М.В., Борисовська О.О.** Оцінка забруднення водного середовища мікропластиком // *Збірник наукових праць національного гірничого університету*, 2021, 65. С. 195-206. <https://doi.org/10.33271/crpnmu/65.195>
7. **Гавриленко О. П., Шищенко П. Г.** Гідроекологічний стан та шляхи оздоровлення блакитної інфраструктури Києва. Колективна монографія *New impulses for the development of natural sciences in Ukraine and EU countries* // Riga, Latvia: “Baltija Publishing”, 2021. С 29-58. <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-141-1-2>
8. **Кошлай Т.** Екологічні проблеми малих річок Вінниці і Вінницького району. *Збірник студентських наукових праць // Сільськогосподарські науки 2021, 3(3), С. 24-28.* URL: [https://vsau.org/assets/images/content/studenty/Zbirnuk\\_3\(3\)\\_2021.pdf](https://vsau.org/assets/images/content/studenty/Zbirnuk_3(3)_2021.pdf)
9. **Шевчук О., Нетробчук І.** Основні екологічні проблеми басейну річки Прип'ять у Волинській області та заходи для покращення // *Збірник наукових праць ЛОГОС*. 2021, 2 С. 217-222. <https://doi.org/10.36074/logos-28.05.2021.v2.64>
10. **Юрченко В. О., Мельнікова О. Г., Пономарьов К. С., Самохвалова А. І.** Мікропластик в донних відкладеннях річок на урбанізованих територіях. Міжнародна науково-практична інтернет-конференція «Екологічно сталий розвиток урбосистем:

- виклики і рішення». ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2-3 листопада 2021. С. 134-137. URL: <http://eprints.kname.edu.ua/60576/1/C%D0%B1%D0%BE%D1%80%D0%BD%D0%B8%D0%BA21-134-136.pdf>
11. **van Emmerik T., Schwarz A.** Plastic debris in rivers. *WIREs Water*, 2019; e1398, 24 p. <https://doi.org/10.1002/wat2.1398>
12. **Mihai F-C.** Rural plastic emissions into the largest mountain lake of the Eastern Carpathians. *Royal Society open science*. 2018, 5 172396, 14 p. <http://doi.org/10.1098/rsos.172396>
13. **Helinski O. K., Poor C. J., Wolfand J. M.** Ridding our rivers of plastic: A framework for plastic pollution capture device selection // *Marine Pollution Bulletin*, 2021, 165, 112095. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112095>.
14. **Schmaltz E., Melvin E. C., Diana Z., Gunady E. F., Rittschof D., Somarelli J. A., Virdin J., Dunphy-Daly M. M.** Plastic pollution solutions: emerging technologies to prevent and collect marine plastic pollution // *Environment International*, 2020, 144, 106067. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.106067>.
15. **Winterstetter, A.; Grodent, M.; Kini, V.; Ragaert, K.; Vrancken, K.C.** A Review of Technological Solutions to Prevent or Reduce Marine Plastic Litter in Developing Countries // *Sustainability* 2021, 13, 4894. <https://doi.org/10.3390/su13094894>
16. **Roy, D.; Pagliara, S.; Palermo, M.** Experimental Analysis of Structures for Trapping SARS-CoV-2-Related Floating Waste in Rivers // *Water* 2021, 13, 771. <https://doi.org/10.3390/w13060771>
17. **Hoellein, T.J. McCormick A.R. Hittie J. London M.G. Scott J.W. Kelly J.J.** Longitudinal of patterns microplastic concentration and bacterial assemblages in surface and benthic habitats of an urban river // *Freshwater Science*, 2017, 36(3), p. 491-507. <https://doi.org/10.1086/693012>
18. **Amelia, T.S.M., Khalik, W.M.A.W.M., Ong, M.C.** et al. Marine microplastics as vectors of major ocean pollutants and its hazards to the marine ecosystem and humans // *Prog Earth Planet Sci*, 2021, 8, 12 p. <https://doi.org/10.1186/s40645-020-00405-4>
19. **De-la-Torre G.E.** Microplastics: an emerging threat to food security and human health // *J Food Sci Technol*. 2020, 57, 1601–1608p. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-04138-1>
20. **Ocskay G.** Multi-level governance as a tool to reach the sustainable development goals. The case of River Tisza // *Annales Scientia Politica*, 2021, 10(2). P. 36–43. URL: [https://www.unipo.sk/public/media/40749/03\\_ASP\\_2021\\_2\\_Ocskay.pdf](https://www.unipo.sk/public/media/40749/03_ASP_2021_2_Ocskay.pdf)
21. **Левчак, О. Ю.** Гідроекологічна характеристика Верхньої Тиси (в межах Закарпатської області // *Науковий вісник Ужгородського університету: Серія: Географія. Землеустрій. Природокористування*. Ужгород: Говерла, 2013, 2. С. 13–20. URL: <https://dspace.uzhnu.edu.ua/jspui/handle/lib/885>
22. **Masaya Maeda** Final Technical Report. Demonstration of Trash Reduction Technologies in the Anacostia Watershed (Nash Run Trash Trap Project), 2010, 85. URL: [https://doee.dc.gov/sites/default/files/dc/sites/ddoe/publication/attachments/Nash\\_Run\\_TT\\_Final\\_Tech\\_Report\\_Entire.pdf](https://doee.dc.gov/sites/default/files/dc/sites/ddoe/publication/attachments/Nash_Run_TT_Final_Tech_Report_Entire.pdf)
23. **Gkanasos A, Tsiaras K, Triantaphyllidis G, Panagopoulos A, Pantazakos G, Owens T, Karametsis C, Pollani A, Nikoli E, Katsafados N and Triantafyllou G** Stopping Macroplastic and Microplastic Pollution at Source by Installing Novel Technologies in River Estuaries and Waste Water Treatment Plants: The CLAIM Project // *Front. Mar. Sci.* 2021, 8, 738876. <https://doi.org/10.3389/fmars.2021.738876>

## REFERENCES

1. **Nikiema, J., & Asiedu, Z. (2022)** A review of the cost and effectiveness of solutions to address plastic pollution. *Environmental Science and Pollution Research*, 29, 24547–24573. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-18038-5>
2. **Williams, A. T., & Rangel-Buitrago, N. (2022)** The past, present, and future of plastic pollution. *Marine Pollution Bulletin*, 176, 113429. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.113429>
3. **Vriend, P., van Calcar, C., Kooi, M., Landman, H., Pikaar, R. & van Emmerik, T. (2020)** Rapid Assessment of Floating Macroplastic Transport in the Rhine. *Frontiers in Marine Science*, 7. <https://doi.org/10.3389/fmars.2020.00010>
4. **Mykhailova, E. (2020)** Plastic pollution is one of the main environmental problem of humanity. *Municipal economy of cities*, 4(157).

- 109-121. <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2020-4-157-109-121>
5. **Karasik, R., Vegh, T., Diana, Z., Bering, J., Caldas, J., Pickle, A., Rittschof, D., & Virdin, J. (2020)** 20 years of government responses to the global plastic pollution problem: The plastics policy inventory. *NI X 20*. Durham, NC: Duke University. Retrieved from [https://nicholasinstitute.duke.edu/sites/default/files/publications/20-Years-of-Government-Responses-to-the-Global-Plastic-Pollution-Problem-New\\_1.pdf](https://nicholasinstitute.duke.edu/sites/default/files/publications/20-Years-of-Government-Responses-to-the-Global-Plastic-Pollution-Problem-New_1.pdf)
6. **Fortuna, M. V., & Borysovska, O. O. (2021)** Assessment of water pollution by microplastic. *Collection of scientific works of the National Mining University*, 65. 195-206. <https://doi.org/10.33271/crpnmu/65.195>
7. **Havrylenko, O., & Shyshchenko, P. (2021)** Hydroecological condition and ways to improve the blue infrastructure of Kyiv. *New impulses for the development of natural sciences in ukraine and eu countries*, 29–58. <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-141-1-2>
8. **Koshlai, T. (2021)** Ekolohichni problemy malykh richok Vinnytsi i Vinnytskoho raionu. *Zbirnyk studentskykh naukovykh prats. Silskohospodarski nauky*, 3(3). 24-28. Retrieved from [https://vsau.org/assets/images/content/studenty/Zbirnyk\\_3\(3\)\\_2021.pdf](https://vsau.org/assets/images/content/studenty/Zbirnyk_3(3)_2021.pdf) [in Ukrainian]
9. **Shevchuk, O., & Netrobchuk, I. (2021)** Osnovni ekolohichni problemy baseinu richky Prypiat u Volynskii oblasti ta zakhody dlia pokrashchennia. *Zbirnyk naukovykh prats AIOΓOΣ*, 2. 217-222. <https://doi.org/10.36074/logos-28.05.2021.v2.64> [in Ukrainian]
10. **Iurchenko, V. O., Melnikova, O. H., Ponomarov, K. S., & Samokhvalova, A. I. (2021)** Mikroplastyk v donnykh vdkladenniakh richok na ur-banizovanykh terytoriiakh. *Mizhnarodna nauково-praktychna internet-konferentsiia «Ekolohichno stalyy rozvytok urbosystem: vyklyky i rishennia» KhNUMH im. O. M. Beketova*, 2-3 lystopada 2021. 134-137. Retrieved from <http://eprints.kname.edu.ua/60576/1/C%D0%B1%D0%BE%D1%80%D0%BD%D0%B8%D0%BA21-134-136.pdf> [in Ukrainian]
11. **van Emmerik, T., & Schwarz, A. (2019)** Plastic debris in rivers. *WIREs Water*, e1398. <https://doi.org/10.1002/wat2.1398>
12. **Mihai, F.-C. (2018)**. Rural plastic emissions into the largest mountain lake of the Eastern Carpathians. *Royal Society open science*, 5, 172396. <http://doi.org/10.1098/rsos.172396>
13. **Helinski, O. K., Poor, C. J., & Wolfand, J. M. (2021)** Ridding our rivers of plastic: A framework for plastic pollution capture device selection. *Marine Pollution Bulletin*, 165. 112095. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112095>.
14. **Schmaltz, E., Melvin, E. C., Diana, Z., Gunady, E. F., Rittschof, D., Somarelli, J. A., Virdin, J., & Dunphy-Daly, M. M. (2020)** Plastic pollution solutions: emerging technologies to prevent and collect marine plastic pollution. *Environment International*, 144. 106067. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.106067>.
15. **Winterstetter, A., Grodent, M., Kini, V., Ragaert, K., & Vrancken, K. C. (2021)** A Review of Technological Solutions to Prevent or Reduce Marine Plastic Litter in Developing Countries. *Sustainability*, 13. 4894. <https://doi.org/10.3390/su13094894>
16. **Roy, D., Pagliara, S., & Palermo, M. (2021)** Experimental Analysis of Structures for Trapping SARS-CoV-2-Related Floating Waste in Rivers. *Water*, 13. 771. <https://doi.org/10.3390/w13060771>
17. **Hoellein, T. J., McCormick, A. R., Hittie, J., London, M. G., Scott, J. W., & Kelly, J. J. (2017)** Longitudinal of patterns microplastic concentration and bacterial assemblages in surface and benthic habitats of an urban river. *Freshwater Science*, 36(3). 491-507. <https://doi.org/10.1086/693012>
18. **Amelia, T. S. M., Khalik, W. M. A. W. M., Ong, M. C. et al. (2021)** Marine microplastics as vectors of major ocean pollutants and its hazards to the marine ecosystem and humans. *Prog Earth Planet Sci*, 8. <https://doi.org/10.1186/s40645-020-00405-4>
19. **De-la-Torre, G. E. (2020)** Microplastics: an emerging threat to food security and human health. *J Food Sci Technol*, 57. 1601–1608. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-04138-1>
20. **Ocskay, G. (2021)** Multi-level governance as a tool to reach the sustainable development goals. The case of River Tisza. *Annales Scientia Politica*, 10(2). Retrieved from [https://www.unipo.sk/public/media/40749/03\\_ASP\\_2021\\_2\\_Ocskay.pdf](https://www.unipo.sk/public/media/40749/03_ASP_2021_2_Ocskay.pdf)
21. **Levchak, O. Yu. (2013)** Hidroekolohichna kharakterystyka Verkhnoi Tysy (v mezhakh Zakarpatskoi oblasti. *Naukovyi visnyk Uzhhorodskoho universytetu: Serii: Heohrafiia. Zemleustrii. Pryrodokorystuvannia*, 2. 13–20. Retrieved from <https://dspace.uzhnu.edu.ua/jspui/handle/lib/885> [in Ukrainian]

22. Masaya, Maeda (2010) Final Technical Report. Demonstration of Trash Reduction Technologies in the Anacostia Watershed (Nash Run Trash Trap Project), 85. Retrieved from [https://doee.dc.gov/sites/default/files/dc/sites/ddoe/publication/attachments/Nash\\_Run\\_TT\\_Final\\_Tech\\_Report\\_En-tire.pdf](https://doee.dc.gov/sites/default/files/dc/sites/ddoe/publication/attachments/Nash_Run_TT_Final_Tech_Report_En-tire.pdf)
23. Gkanasos, A., Tsiaras, K., Triantaphylidis, G., Panagopoulos, A., Pantazakos, G.,

Owens, T., Karametsis, C., Pollani, A., Nikoli, E., Katsafados, N., & Triantafyllou, G. (2021) Stopping Macroplastic and Microplastic Pollution at Source by Installing Novel Technologies in River Estuaries and Waste Water Treatment Plants: The CLAIM Project. *Front. Mar. Sci.* 8, 738876. <https://doi.org/10.3389/fmars.2021.738876>

## Plastic capture methods in the water bodies, a review of world experience

*Svitlana Velychko, Olena Dupliak*

**Abstract.** Over the past twenty years, the plastic pollution problem in the water bodies has reached an alarming scale. The easy-to-use, light, waterproof material has the significant drawback, it is the very long decomposition period, which has led to the 368 million tons of plastic accumulation over the past 70 years, and the accumulation continues. Plastic environmental pollution is the urgent problem for the water bodies in Ukraine too. The source of plastic entering water bodies is primarily temporary waste landfills from which plastic is washed into rivers and lakes during rains, by wind and by flood. The rivers carry plastic throughout the river floodplain, polluting riverbeds and banks during the flood. In the work, the analysis of the world experience in the area of the plastic capture devices and the possibility to use these devices for the mountain rivers conditions in Ukraine was assessed. The peculiarities of the hydrological regime of the mountain rivers are the transportation of plastic during floods, significant water levels fluctuations, the danger for people being in the riverbed during the flood, high water speeds up to the 5 m/s, the large amount of litter, which consists of the plastic, tree trunks, branches and other large debris. It was assessed the booms, trash traps and trash racks for catching litter in water outlets and temporary streams. Plastic collecting facilities such as floating boats, catamarans, and robots were not assessed, because their use during the flood is dangerous, and the small water depths in the rivers do not allow to use them effectively during the low water period. Devices for plastic capture for the mountain rivers should be autonomous, strong, have the big litter capacity, be ecological friendly, able to work with rapid water level change and under high water speed. Analysis of the existing devices shows that these requirements will be met by expensive segment. At the same time, it is known that the plastic capture in the water bodies costs 10 times higher than the cost of collecting and sorting plastic in the populated areas. So, to solve the problem of plastic pollution in the water bodies by the expensive devices is not right way. First of all, in order to reduce plastic pollution in water bodies, it is necessary to create conditions to prevent plastic to get into the rivers, namely: voluntary limitation of the plastic usage, manufacture responsibility for the use of recyclable plastic, active informing society about the plastic harm to the environment and the necessity to collect and sort it.

**Key words:** macroplastic, anthropogenic pollution, plastic capture devices, booms, trash traps, policy measures.

*Стаття надійшла до редакції 02.09.2022*