

Л. Е. Тимурова¹
В. В. Файчук²
М. В. Катков³
Л. П. Пашкевич²

НОВА СИСТЕМА ВИКОРИСТАННЯ БІОПЛАТО ДЛЯ ОЧИСТКИ РІЧОК ГІРСЬКОЇ ЗОНИ ФОРМУВАННЯ СТОКУ

¹Казахський національний технічний університет імені К. І. Сатпаєва;

²Вінницький національний технічний університет;

³Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова

Нова система використання біоплато для очистки річок дозволяє використати технології біоплато для постійного забезпечення необхідної якості води в рекреаційному комплексі «річка гірської зони формування стоку – міська водойма для рекреації». Запропоноване рішення використовує природні процеси очищення, що підвищує ефективність використання системи біоплато. Також розглянуто проблему селевих потоків та їхніх наслідків для водних об'єктів і запропоновані механізми запобігання цьому. Разом з тим враховується економічний фактор під час вибору цієї системи поміж інших альтернативних методів для досягнення поточних цілей. Заощадження ресурсів запропонованого методу відіграє дуже велику роль в оцінюванні різних методів і може бути перевагою. Створення та експлуатація споруди біоплато вигідніша ніж інші методи. Основною відмінністю запропонованої системи є підвищення екологічної безпеки руйнуванню споруд біологічного очищення води під час імовірних стихійних лих, таких як повені та паводки. Також запропонований метод передбачає облаштування біоплато, що може мати позитивний ефект для рекреації міста. Структура роботи представлена трьома основними етапами розробки нової системи технології очищення: аналіз ефективного використання нової технології біоплато, огляд нової системи використання технології біоплато та пропозиції принципової схеми розміщення інженерних споруд нової системи очищення на конкретному прикладі.

Досліджено нову систему очищення води річки Велика Алматинка, (м. Алмати, Республіка Казахстан), що дало можливість детальніше побачити і зрозуміти усі її принципові ідеї, та розв'язати задачі, поставлені перед цією системою. На основі результатів розробки визначені головні переваги запропонованої системи і концепція цього підходу.

Ключові слова: міські водні об'єкти, очищення забруднених річок, рекреаційні вимоги до водойм, гірська зона формування стоку річок, паводки, селеві потоки, технологія біоплато, гребля, біоплато поруч із руслом річки, зміна напрямку потоку.

Вступ

Актуальність роботи зумовлена сучасними еколого-нормативно-правовими вимогами забезпечення максимального можливого рекреаційного рівня міських водних об'єктів. Сучасне міське середовище вимагає постійного й уважного ставлення до збереження необхідної якості своїх природних елементів: атмосферного повітря, природного освітлення, клімату, водойм, рослинності, на рівні, який забезпечуватиме екологічно необхідні умови життєдіяльності населення. Одними з таких важливих природних елементів міських територій є їхні поверхневі водні об'єкти, що можуть надати населенню рекреацію та підвищити соціальну значущість міста [1], [2]. Міські водні об'єкти повинні відповідати еколого-нормативно-правовим вимогам, бути естетично привабливими, забезпечувати максимально можливу кількість рекреаційних послуг. Ці положення зумовлюють постійну актуальність усіх видів робіт у цій галузі.

Метою роботи є розроблення нової системи використання технології біоплато для біологічного очищення від забруднення річок гірської зони формування стоку, яка унеможливує руйнування інженерних споруд під час ймовірних стихійних лих. Для її здійснення вирішуються такі завдання:

- презентувати можливість ефективного використання технології біоплато для очищення річок від забруднення;
- розробити нову систему використання технології біоплато для очищення річок гірської зони формування стоку;
- запропонувати нову принципову схему розміщення інженерних споруд біологічного очищення річок гірської зони формування стоку.

Результати дослідження

Аналіз літературних джерел і постановка проблеми

Проблеми рекреаційного комплексу «річка гірської зони формування стоку – міське водоймище для рекреації», аналізувалися на прикладі міського рекреаційного комплексу міста Алмати «річка Велика Алматинка — озеро Сайран». У місті Алмати річка Велика Алматинка та утворене її водами штучне озеро Сайран з повним об'ємом води, який становить 1 242 млн м³, та площею дзеркала 0,46 км², є важливим і потенційно можливим рекреаційним комплексом (рис. 1) [3].



Рис. 1. Озеро Сайран

Вирішальна роль цього комплексу визначається необхідною якістю води річки Велика Алматинка, що надходить в озеро Сайран. Стік річки Велика Алматинка формується в гірській зоні Заїлійського Алатау, яка займає 46 % всієї території її басейну. Формування водності стоку відбувається при злитті трьох потоків, що випливають з-під фронтальної морени двох потужних льодовиків. Під час танення великої кількості снігу та льоду його об'єм різко збільшується, а велика крутизна схилів гір значно підвищує швидкість водних потоків і викликає велике переміщення каміння та піску, що спричиняє різноманітні руйнування в руслі річки та на площах, що прилягають до нього. Ці природні, надзвичайно небезпечні, ситуації перетворюють басейн річки Велика Алматинка та її долину на зони вкрай небезпечного селевого потоку. Наприклад, 2018 року паводкова повінь спричинила порушення інфраструктури, загибель худоби та масову евакуацію населення, катастрофічний селевий потік 1977 року, об'ємом у кілька мільйонів кубічних метрів зруйнував у долині річки мости й будівлі, і спричинив людські жертви, в 2006 році селевий потік значно меншого об'єму зупинившись за кілометр вище гирла річки, зруйнував два мости та пошкодив дорогу в кількох місцях. [4], [5].

У сімдесяті роки минулого століття чиста вода річки Велика Алматинка перетворила озеро Сайран у затребуваний міський рекреаційний об'єкт. Але з кінця 1990-х і початку 2000-х років видавали незаконні дозволи на розміщення у водоохоронній зоні долини річки житлових будинків, кафе, ресторанів та інших господарських об'єктів, які нині розташовуються на відстані 10 м від берегів річки, тоді як нормативна відстань від річок до таких об'єктів повинна бути не менше 35 метрів. Господарська діяльність цих незаконно розміщених об'єктів спричинила надходження у воду річки Велика Алматинка неочищених стічних вод і перетворила її та озеро Сайран на забруднені природні міські об'єкти. Наприклад, в озері Сайран 2022 року встановлено перевищення забруднення за індексом ЛКП, що підтверджує неконтрольоване скидання в річку неочищених каналізаційних вод побутових і промислових підприємств, і вказує на незадовільний контроль за дотриманням нормативно-правових вимог експлуатації міських водойм [6]—[8]. Це спричинило

сильну деградацію рекреаційного потенціалу озера Сайран і прилеглої до нього зони відпочинку.

Очевидно, що для забезпечення постійної, необхідної якості води в рекреаційному комплексі Алмати «річка, гірська зона формування стоку – водойма для рекреації», необхідно здійснювати адекватні адміністративно-правові заходи і створити інженерні споруди для очищення річкової води. Зазвичай усі інженерні споруди, що забезпечують різноманітні технології з очищення забруднених річок, розташовуються в їхніх руслах, але велика ймовірність природних катастрофічних лих у басейні річки Велика Алматинка не дає змоги використовувати її русло для створення інженерних споруд.

У цій роботі для очищення річки Велика Алматинка пропонується новий спосіб використання найпрогресивнішої у світовій практиці технології біоплато, яка має низку істотних переваг порівняно з традиційними [9]—[12]. Технологія біоплато не потребує значних капітальних та експлуатаційних витрат, виключає енергоємні технологічні процеси, використання хімічних реагентів. Вона відрізняється простотою будівництва, тривалою експлуатацією за мінімальної кількості обслуговочного персоналу і, що важливо в умовах міста, естетичною привабливістю та екологічністю. Споруди біоплато не накопичують шкідливі речовини, не отруюють навколишнє середовище і не є чужорідним об'єктом у міських антропогенних ландшафтах.

У 1997—2000 рр. технологія біоплато пройшла апробацію в рамках міжнародного проекту Європейського Союзу за участю України, Нідерландів, Фінляндії, Швеції та Естонії, сьогодні у Європі використовують понад тисячу таких біоінженерних очисних споруд, що дають змогу забезпечити очищення забруднених поверхневих вод до будь-яких нормативних вимог щодо їхньої якості [13]—[16]. Ці порівняно дешевші та ефективніші методи біологічного очищення поверхневих вод, активно охоплюють все більше країн: Австралію, США, Нову Зеландію, Канаду, Данію, Англію, Швецію, ФРН, Швейцарію, Індію, Іспанію, Ізраїль [17].

Біоплато — це інженерна споруда для очищення різних типів забруднених вод (побутових, стічних, виробничих та інших). Для цього методу не потрібні електроенергія та хімічні реагенти, що вже вказує на природний характер процесів очищення. В основі цього методу лежить принцип використання вищих водних рослин (ВВР) які, в свою чергу, очищають або видаляють забрудники з води за допомогою, своїх специфічних властивостей. Забрудниками можуть бути як біогенні елементи, так і важкі метали, нафтопродукти, феноли, сульфати та інші. В основному, використовуються такі види ВВР як комиш, очерет, рогіз й інші, схожі за властивостями рослини.

Очищення води методом біоплато з використанням ВВР відбувається за рахунок великої окиснювальної здатності, зумовленої створенням біоплівки гідробіонтів на стеблі ВВР. Також, дуже важливими є сапрофітні бактерії, що працюють як дезінфектори завдяки своїм продуктам обміну. Система біоплато складається з декількох шарів, розміщених каскадом. Класичним та спрощеним прикладом може бути болотиста ділянка із заростями у вигляді ВВР (природне біоплато).

До основних переваг методу біоплато можна віднести використання природних процесів самоочищення, виконання гідролітичної, біологічної та біогеохімічних функцій, підтримання ландшафтної екосистеми. Також, є і недоліки цієї системи. Основними є відсутність можливості достовірно розраховувати очисні споруди з використанням ВВР, вплив природних чинників (температура, освітлення та інші), умови роботи очисних споруд [19].

Етапи розроблення нової системи технології очищення від забруднення річок гірської зони формування стоку

1. *Аналіз можливого ефективного використання технології біоплато для очищення річок від забруднення.* У конструктивному відношенні біоплато проектується як неглибокий водний басейн зі штучним дном, засипаним шаром щебню, гравію, керамзиту, піску або інших матеріалів, на який висаджується прибережно-водна рослинність, взята з природних водойм конкретної місцевості. У біоплато створюється мала швидкість течії води через штучно створені зарості рослинності. Надалі в біоплато утворюється природне середовище з водних рослин і водоростей — автотрофів, бактерій, найпростіших і безхребетних — гетеротрофів, які заповнюють засипку біоплато і кореневу систему автотрофів. Розміри біоплато, кількість і види природної водної рослинності, швидкість течії води проектується і створюється таким чином, щоб забезпечити необхідні умови життєдіяльності для гетеротрофів і автотрофів, відповідальних за процеси очищення води від забруднення. Очищення води відбувається в процесі її проходження через шар засипки та зарості

водної рослинності.

Гетеротрофи поглинають і переробляють органічні речовини, що містяться у воді, до води, вуглекислоти, азоту і фосфору. Рослини, що плавають у воді, — занурені макрофіти, водорості та рослини, коріння й частини стебел яких перебувають у воді, а інша частина стебел знаходяться над водою — повітряно-водні макрофіти, які створюють умови для життєдіяльності гетеротрофів, споживають продукти їхньої життєдіяльності, самі асимілюють деякі забруднення. Водна поверхня біоплато, зазвичай, заселена більше ніж на 70 % повітряно-водними макрофітами.

У таблиці стисло подано комплекс фізичних, хімічних і біологічних процесів очищення води в біоплато.

Компоненти забруднення поверхневих вод і механізми їхнього очищення в біоплато

Компонент забруднення поверхневих вод	Механізми очищення поверхневих вод
зважені речовини	седиментація, фільтрація
розчинені органічні речовини	біодеструкція, асиміляція рослинами
сполуки азоту	сорбція фільтрувальним завантаженням, асиміляція рослинами
сполуки фосфору	сорбція фільтрувальним завантаженням, асиміляція рослинами
метали	мікробіологічне окислення та відновлення, асиміляція рослинами, сорбція фільтрувальним завантаженням
нафтопродукти	біодеструкція, сорбція фільтрувальним завантаженням
патогенні організми	окислення, розкладання у разі ультрафіолетового опромінення, асиміляція рослинами

Ефективність використання біоплато полягає в тому, що концентрації розчинених забруднювальних речовин у водному середовищі знижуються: сполук азоту до 70 %, фосфору до 60 %, біологічне споживання кисню до 98 %, бактеріологічного забруднення (кількісні форми, індекс ЛКП) до 99 %, нафтопродуктів до 99 %, фенолів до 95 %, іонів металів до 30 %, вмісту завислих речовин до 95 % [18].

2. *Нова система використання технології біоплато для очищення річок гірської зони формування стоку.* Зазвичай біоплато для очищення забрудненої річки споруджують у її руслі, але за такого підходу до річки гірської зони формування її стоку існує високий ступінь ризику руйнування біоплато за можливої катастрофічної зміни її живлення.

У цій роботі, з метою постійного забезпечення рекреаційних вимог до відповідної водойми, пропонується нова система використання цієї технології для очищення річок гірської зони формування стоку з одночасним виключенням такого ризику, на прикладі річки Велика Алматинка м. Алмати [20].

Пропонована система використання технології очищення передбачає спорудження чотирьох гідротехнічних споруд: біоплато, недалеко від русла річки, греблю в руслі річки з керованими заслінками, два канали для подачі річкової води на очищення в біоплато і подачі очищеної води з біоплато в русло річки. Гребля відкривається для проходження річкової води руслом річки під час паводку, в решті часу спрямовує воду каналом для очищення на біоплато. Очищена на біоплато вода надходить самопливом іншим каналом в русло річки нижче греблі й далі — в рекреаційну водойму. Така система унеможливить ймовірність руйнування біоплато під час критичних змін режиму річки гірської зони. Необхідно зазначити, що збільшення об'єму стоку річки під час паводку знижує рівень її забруднень до допустимих рекреаційних вимог. У робочому і навіть неробочому станах біоплато існуватиме як штучно створений природний естетичний об'єкт.

3. *Пропозиція принципової схеми розміщення інженерних споруд нової системи очищення річок гірської зони формування стоку на прикладі річки Велика Алматинка.*

Будівництво біоплато пропонується здійснити на території парку імені Першого Президента Республіки Казахстан або на інших прибережних територіях від цього парку до впадання річки Велика Алматинка в озеро Сайран (рис. 2).

Такий вибір місця будівництва пояснюється:

- можливими територіями, на яких можна побудувати естетично привабливе біоплато;
- кінцевим очищенням великого об'єму води річки Велика Алматинка, що містить найбільшу кількість забруднень, які визначають рівень забруднення озера Сайран.

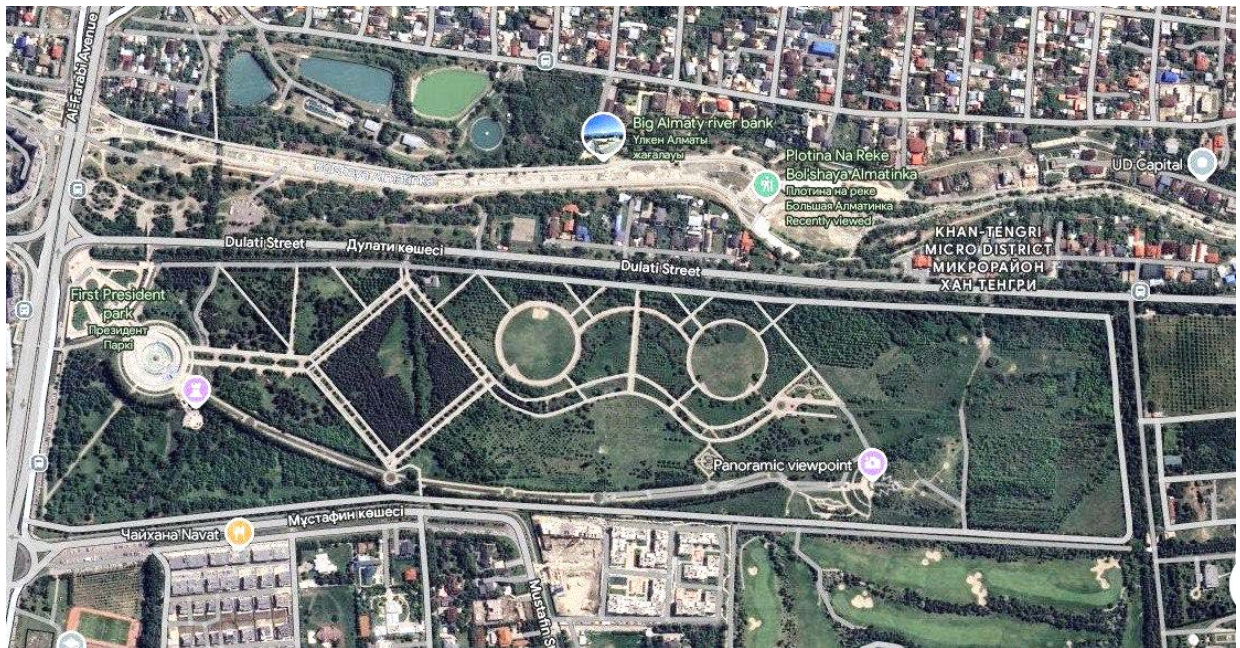


Рис. 2. Алмати — Озеро Сайран, річка Велика Алматинка, парк імені Першого Президента Республіки Казахстану

Система технології пропонованого очищення показана на рис. 3.

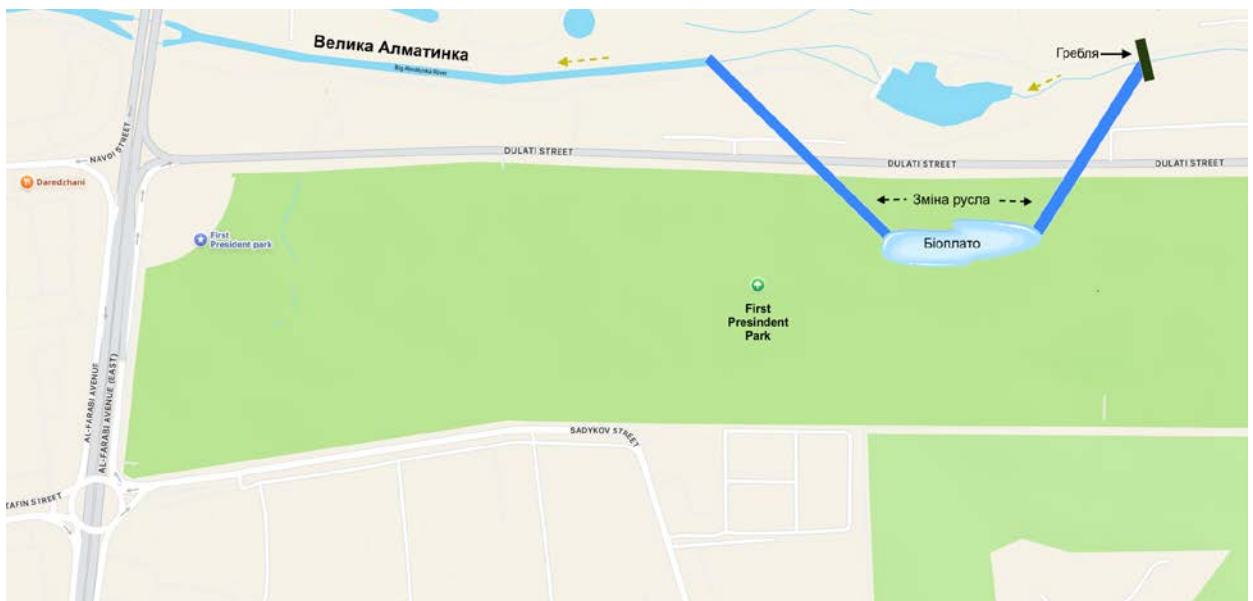


Рис. 3. Пропонована система очищення річки на біоплато

Система для біологічного очищення річки представлена біоплато, розташованим недалеко від русла річки, в парку імені Першого Президента Республіки Казахстан, греблею в руслі річки. Гребля має керовані шлюзи і може пропускати потік води по руслу під час повені або направляти його в інший час по спорудженому каналу до біоплато для очищення. Очищена на біоплато вода надходить самопливом іншим каналом у русло річки і далі в рекреаційну водойму (на схемі не показана). Потужність біоплато враховуватиме і забезпечуватиме якість води річки Велика Алматинка, що надходить в озеро Сайран, на рівні вимог до вод рекреаційних водойм. Робота біоплато дасть змогу зберігати весь обсяг води озера Сайран і в зимовий період.

Висновки

Пропонована нова система технології не допускає руйнування біоплато можливими критичними змінами режиму річки гірської зони стоку формування. Біоплато існуватиме як штучно створений природно-естетичний об'єкт і дасть змогу забезпечити постійні рекреаційні вимоги до якості

води озера Сайран. Система цієї технології відноситься до гідротехнічних і може використовуватися для розроблення інженерно-екологічних проектів створення міських рекреаційних водних об'єктів.

Технічний ефект нової системи використання технології полягатиме в ефективному очищенні води за низьких витрат на будівництво та експлуатацію біоплато, а також за рахунок виключення ймовірності руйнування біоплато під час стихійних лих.

Як результат чітко окреслено можливість використання нової системи технології біоплато для очищення від забруднення річок гірської зони формування стоку та розроблено систему застосування технології біоплато, яка унеможливує руйнування інженерних споруд під час ймовірних стихійних лих. Також, досліджено можливі місця розміщення інженерних споруд за новою системою очищення річки Велика Алматинка в місті Алмати.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] S. Wuijts, M. Vries, W. Zijlema, J. Hin, and L. R. Elliott, "The health potential of urban water: Future scenarios on local risks and opportunities," *Cities*, vol. 125, no. 103639, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2022.103639>.
- [2] S. Wuijts, L. Friederichs, J. Hin, and F. M. Schets, "Governance conditions to overcome the challenges of realising safe urban bathing water sites," *International Journal of Water Resources Development*, vol. 38, pp. 554-578, 2020. <https://doi.org/10.1080/07900627.2020.1755617>.
- [3] *Аналіз та оцінка туристичного потенціалу міста Алмати*. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://studbooks.net/659072/turizm/analiz_i_otsenka_turistskogo_potentsiala_goroda_almaty.
- [4] A. Mussina, et al., "Mountain Resilience: A tool for mudflow risk management in the Ile Alatau mountains," *Mountain Research and Development*, vol. 43, no. 1, 2023. <https://doi.org/10.1659/MRD-JOURNAL-D-22-00004>.
- [5] M. Barandun, et al., "The state and future of the cryosphere in Central Asia," *Water Security*, vol. 11, no. 100072, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.wasec.2020.100072>.
- [6] Л. М. Калімолдін, Г. С. Султангазієва, С. О. Абілқасова, і С. С. Егеубаєва, «Дослідження рівня забруднення хімічними речовинами м. Алмати,» *News of the National academy of sciences of the Republic of Kazakhstan Series Chemistry and technology*, vol. 1, no. 458, pp. 54-69, 2024. <https://doi.org/10.32014/2024.2518-1491.207>.
- [7] Наказ Міністра сільського господарства Республіки Казахстан «Про затвердження Правил встановлення водоохоронних зон і смуг.» від 18.05.2015, № 19-1/446. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.adilet.zan.kz/kaz/docs/V1500011838>.
- [8] Постанова Уряду Республіки Казахстан «Про затвердження Міжрегіональної схеми територіального розвитку Алматинської агломерації» від 24.05.2016, № 302. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://adilet.zan.kz/kaz/docs/P1600000302/history>.
- [9] A. Barco, S. Bona, and M. Borin, "Plant species for floating treatment wetlands: A decade of experiments in North Italy," *Science of The Total Environment*, vol. 751, no. 141666, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141666>.
- [10] Ran Bi, et al., "Giving waterbodies the treatment they need: A critical review of the application of constructed floating wetlands," *Journal of Environmental Management*, vol. 238, pp. 484-498, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.02.064>.
- [11] M. I. Choudhury, et al., "Disentangling the roles of plant functional diversity and plant traits in regulating plant nitrogen accumulation and denitrification in freshwaters," *Functional Ecology*, vol. 36, no. 4, pp. 921-932, January, 2022. <https://doi.org/10.1111/1365-2435.14001>.
- [12] J. Brisson, and F. Chazarenc, "Maximizing pollutant removal in constructed wetlands: Should we pay more attention to macrophyte species selection?" *Science of The Total Environment*, vol. 407, no. 13, pp. 3923-3930, June, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2008.05.047>.
- [13] Ф. К. Стольберг, *Екологія міста*, підруч. Київ: Либра, 2000, 464 с. ISBN 966-7035-29-8.
- [14] R. B. E. Shutes, D. M. Revitt, A. S. Mungur, and L. N. L. Scholes, "The design of wetland systems for the treatment of urban run off," *Water Science Technology*, vol. 35, no. 5, pp. 19-25, 1997. <https://doi.org/10.2166/wst.1997.0155>.
- [15] R. L. Knight, "Wildlife habitat and public use benefits of treatment wetlands," *Water Science and Technology*, vol. 35, no. 5, pp. 35-43, 1997. <https://doi.org/10.2166/wst.1997.0159>.
- [16] P. Denny, "Implementation of constructed wetlands in developing countries," *Water Science and Technology*, vol. 35, no. 5, pp. 27-34, 1997. <https://doi.org/10.2166/wst.1997.0157>.
- [17] К. Т. Раїмбеков, і С. Т. Моомбеков, «Аналіз основних методів біологічного очищення як основа інтенсифікації роботи споруд,» *Міжнародний журнал прикладних і фундаментальних досліджень*, № 2, с. 45-49, 2020.
- [18] Л. Д. Пляцук, і Є. Ю. Черниш, *Екологічна біотехнологія: принципи створення біотехнологічних виробництв*. Суми, Україна: Сумський державний університет, 2018.
- [19] Ф. В. Стольберг, В. М. Ладженський, Ю. І. Вергелес, О. В. Іщенко, і А. А. Худяков, «Використання очисних споруд біоплато для очищення міських стічних вод,» *Науково-технічний збірник, Харківська державна академія міського господарства*, № 36, с. 182-185, 2002.
- [20] М. В. Катков, «Система для біологічного очищення річок,» *Патент України* C02F3/32, E02B3/02. № 157284, МПК 25.09.2024.

Тимурова Ляйля Ерланівна — магістр кафедри хімічних процесів та промислової екології, e-mail: lyailyatimurova169@gmail.com .

Казахський національний технічний університет імені К. І. Сатпаєва, Республіка Казахстан, Алмати;

Катков Михайло Васильович — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри природоохоронної діяльності, e-mail: mvkatkov@gmail.com .

Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, Харків;

Файчук Володимир Валерійович — аспірант кафедри екології, хімії та технологій захисту довкілля, e-mail: fajjchuk@gmail.com ;

Пашкевич Леонід Полікарпович — аспірант кафедри екології, хімії та технологій захисту довкілля, e-mail: leonid@nd.ua.

Вінницький національний технічний університет, Вінниця

L. E. Tymurova¹
V. V. Faichuk²
M. V. Katkov³
L. P. Pashkevich²

A New System of Using Bioplateau for Cleaning Rivers in the Mountain Runway Formation Area

¹Kazakh K. I. Satpayev National Technical University;

²Vinnitsia National Technical University;

³ O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv

The new system of using bioplateaus for river purification allows the use of bioplateau technology to constantly ensure the required water quality in the recreational complex "mountain river of the runoff formation zone – urban reservoir for recreation". The proposed solution is guided by natural purification processes, which increases the efficiency of using the bioplateau system. The problem of mudflows and their consequences on water bodies is also considered and mechanisms for preventing this are proposed. The economic factor is also taken into account when choosing this system among other alternative methods to achieve current goals. The resource saving of the proposed method plays a very important role in evaluating different methods and can be an advantage. The creation and operation of a bioplateau structure is more profitable than other methods. The main difference of the proposed system is to increase the environmental safety of the destruction of biological water purification structures during probable natural disasters, such as floods and floods. The proposed method also provides for the arrangement of a bioplateau, which can have a positive effect on the recreation of the city. The structure of the work presents three main stages of the development of a new system of purification technology: analysis of the effective use of the new bioplateau technology. Review of the new system of using the bioplateau technology and proposals for a schematic diagram of the placement of engineering structures of the new purification system on a specific example.

The study was conducted on the example of the Velyka Almatynka River, Almaty, Republic of Kazakhstan. This makes it possible to see and understand in more detail and clearly all the fundamental ideas of the new system, and the tasks that are set for this system. Based on the results of the system development, conclusions are drawn and the main advantages and concept of this method are outlined.

Keywords: urban water bodies, cleaning of polluted rivers, recreational requirements for water bodies, mountainous zone of river flow formation, floods, mudflows, bioplateau technology, dam, bioplateau next to the riverbed, change of flow direction.

Timurova Laila E. — Master of the Chair of Chemical Processes and Industrial Ecology, e-mail: lyailyatimurova169@gmail.com ;

Faichuk Volodymyr V. — Post-Graduate Student of the Chair of Ecology, Chemistry and Environmental Protection Technologies, e-mail: fajjchuk@gmail.com ;

Katkov Mykhaylo V. — Cand. Sc. (Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Chair of Environmental Protection Activities, e-mail: mvkatkov@gmail.com ;

Pashkevich Leonid P. — Post-Graduate Student of the Chair of Ecology, Chemistry and Environmental Protection Technologies, e-mail: leonid@nd.ua