

УДК 330.15:502.37

Ю.І. Вергелес, Я.О. Герасименко, К.М. Задорожний, Я.О. Орлова, О.В. Хандогіна

Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Україна

РАЙОНУВАННЯ ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ ДЛЯ ВПРОВАДЖЕННЯ ФІТОТЕХНОЛОГІЙ ОЧИЩЕННЯ СТИЧНИХ ВОД ТА ЗАХИСТУ МАЛИХ РІЧОК ВІД ЗАБРУДНЕННЯ

У статті розглянуто екологічні фактори, які впливають на можливість впровадження фітотехнологій для очищення господарсько-побутових стічних вод населених пунктів. Запропоновано екологічне районування території України з метою диференціації територій з різними умовами для спорудження та експлуатації біоплато. Виділено 10 екологічних районів за критеріями геоморфологічної будови території та кліматичних умов (середня температура найхолоднішого місяця, річна сума опадів, коефіцієнт зволоження).

Ключові слова: басейн річки, водні ресурси, геоморфологічні умови, кліматичні умови, районування, фітотехнології, якість води

Постановка проблеми

Фітотехнології – це методи, технології та конструктивні рішення очистки природних і стічних вод з використанням рослинних компонентів. Характерними рисами цих технологій є використання сонячного випромінювання як джерела енергії, а розташування споруд фітотехнологій на рельєфі за ухилом місцевості дозволяє досягти самопливний перетік води з одного блоку споруд до іншого [1].

Очисні споруди на основі фітотехнологій можуть бути застосовані в різних кліматичних умовах України для очищення стічних вод із витратами від кількох десятків до кількох тисяч кубічних метрів на добу [2].

Метою статті є визначення факторів, які визначають можливість застосування, ефективну експлуатацію споруд фітотехнологій та районування території України за даними критеріями.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Фітотехнології за більш ніж 30 років набули широкого використання в Україні й світі для очищення як господарсько-побутових, так і сільськогосподарських та деяких видів промислових стічних вод [2]. Перші споруди фітотехнологій «біоплато» на території нашої країни були введені в експлуатацію в Харківській області у 1998 р., і на теперішній час в Україні відомо понад 30 місць, де впроваджено фітотехнології.

Враховуючи подальші тенденції щодо розширення географії застосування фітотехнологій

та масштаби і різноманіття природно-кліматичних умов України, виникає нагальна потреба екологічного районування її території для означених цілей.

Встановлено, що ефективність роботи біоплато залежить від сезону, але навіть і в найсуворіших зимах не знижується нижче ніж 70-80% від найкращих показників у літній період. [3]. Споруди біоплато створюють здебільшого на територіях, де природно-кліматичні умови та екологічні фактори забезпечують оптимальні умови для проростання та вегетації водних рослин.

Питанням можливості експлуатації споруд фітотехнологій в різних умовах, особливостям вибору конструкцій очисних споруд присвячені роботи багатьох вчених, зокрема: P. D. Jenssen, T. Mæhlum, T. Krogstad [4], O. R. Stein, P. B. Hook [5], R. H. Kadlec, K. R. Reddy [6] та інші.

Виклад основного матеріалу

Екологічне районування можна визначити як процес багатофакторного розподілу території (або акваторії) на декілька районів, що схожі за рядом характеристик (екологічних показників) [7].

Таке районування території України для впровадження фітотехнологій очищення стічних вод дозволить обрати території, де спорудження таких об'єктів є доцільним, або визначити обмеження для їх облаштування, підібрати види рослин, які зростають в даних умовах, тощо.

Основними критеріями, за якими проводилось екологічне районування території України для оцінки перспектив впровадження технологій біоплато були геоморфологічні, кліматичні,

гідрологічні умови.

Геоморфологічне районування України визначає такі важливі для проектування, будівництва та експлуатації очисних споруд чинники, як рельєф місцевості, наявність значних перепадів висот. На території України виділено три геоморфологічні країни, дві провінції, 13 областей, 36 підобластей, 158 районів [8] (рис. 1). Характеристики рельєфу визначають оптимальний тип біоплато, що може бути рекомендований для

даної місцевості, обмеження щодо впровадження даної технології (наприклад, гірська місцевість зі значними перепадами висот, де важко забезпечити достатній час перебування води в очисних спорудах, існує небезпека паводків тощо).

Враховання кліматичних характеристик є необхідним для проектування, будівництва та цілорічної безперебійної експлуатації споруд біоплато.

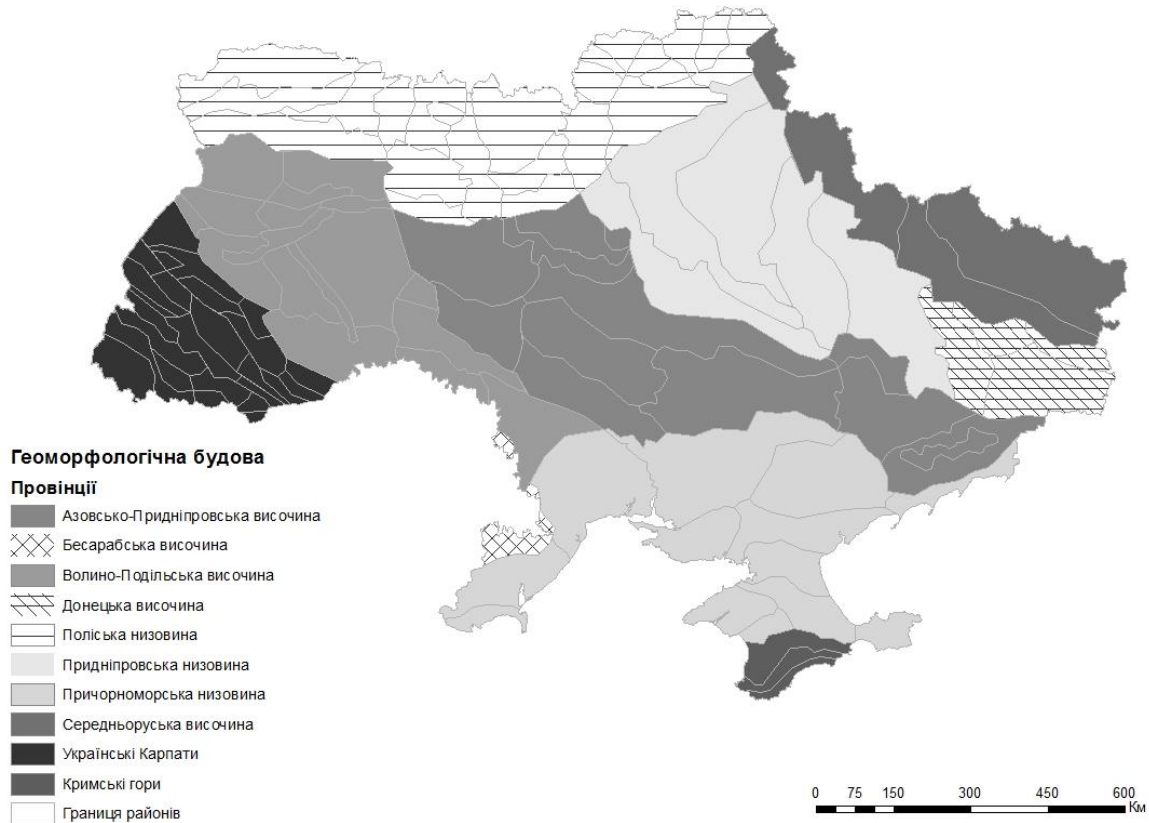


Рис. 1. Вихідні картографічні дані для районування – геоморфологічні умови (джерело основи зображення: <http://geomap.land.kiev.ua/geomorph.html>)

Так, в областях з яскраво вираженою кліматичною сезонністю рослинний компонент біоплато, так само як і природна водно-болотна рослинність, якусь частину річного циклу перебуває в стані спокою. Але в кореневій зоні (ризосфері) процеси трансформації органічних і неорганічних забруднювачів за допомогою асоційованих угруповань мікроорганізмів не припиняються, хоча і проходять з дещо меншою ефективністю, ніж влітку. У разі загибелі протягом холодної пори року (коли середньодобова температура нижче 0°C), кореневої системи вищих водних рослин, відбувається також колапс біоплато як цілісної штучної екосистеми. Тому в зимовий час потрібно, з одного боку, використовувати більш високу

температуру стоків для запобігання промерзання фільтруючого шару, а з іншого боку, забезпечити більший, ніж в теплу пору року, час перебування стічних вод в блоці біоплато. Для цього передбачається особливий - зимовий - режим експлуатації біоплато, при якому рівень води в блоках потрібно підвищити, і при цьому розуміти, що випаровування буде на порядок менше, ніж під час вегетаційного періоду.

Враховання особливостей зимового періоду на територіях, де проектується і згодом розміщуються біоплато (тривалість зими, середньомісячна температура найхолоднішого місяці (січня), середня абсолютна і мінімальна температура) дозволяє провести районування території України за

ступенем «суворості» зимового періоду. Таке районування проведено в даній роботі з використанням січевих ізотерм. В якості критерію суворості зимового періоду обрано середню температуру січня -5°C .

Оскільки для нормального функціонування біоплато важливим показником є процеси надходження та випаровування води, для характеристики кліматичних умов також було використано коефіцієнт зволоження території – відношення річної кількості опадів до випаровуваності за той самий період. Власне середньорічна кількість опадів не є лімітуючим фактором для функціонування біоплато за умови, що стічні води надходять на очистку безперервно. При відхиленні коефіцієнта зволоження від одиниці у меншу (характерно для недостатнього зволоження, де випаровування є більш інтенсивним, ніж надходження вологи з опадами) або у більшу сторону (надмірне зволоження) необхідно при розрахунках часу перебування стоків на блоках біоплато проводити поправку на надмірність опадів або випаровування.

Кількість опадів на території рівнинної України

коливається в середньому від 350 до 750мм, в гірській місцевості – понад 1200-1500 мм. Для районування території України використано величину 550 мм/рік як своєрідну "медіану" розподілу середньорічної кількості опадів для території України. Вище цього значення клімат територій можна вважати більш вологим, нижче – більш посушливим. Звичайно, корисно знати характер розподілу опадів по місяцях, але таку інформацію проектувальники враховують вже при створенні біоплато в конкретній місцевості. При цьому величина середньорічної кількості опадів більше 550 мм в гірській місцевості може свідчити про ризик сезонних або позасезонних паводків, які можуть пошкодити або вивести з ладу очисні споруди, що має бути прийнятим до уваги при проектуванні біоплато в таких умовах.

На рисунку 2 представлено виділення територій на основі обраних кліматичних характеристик України.

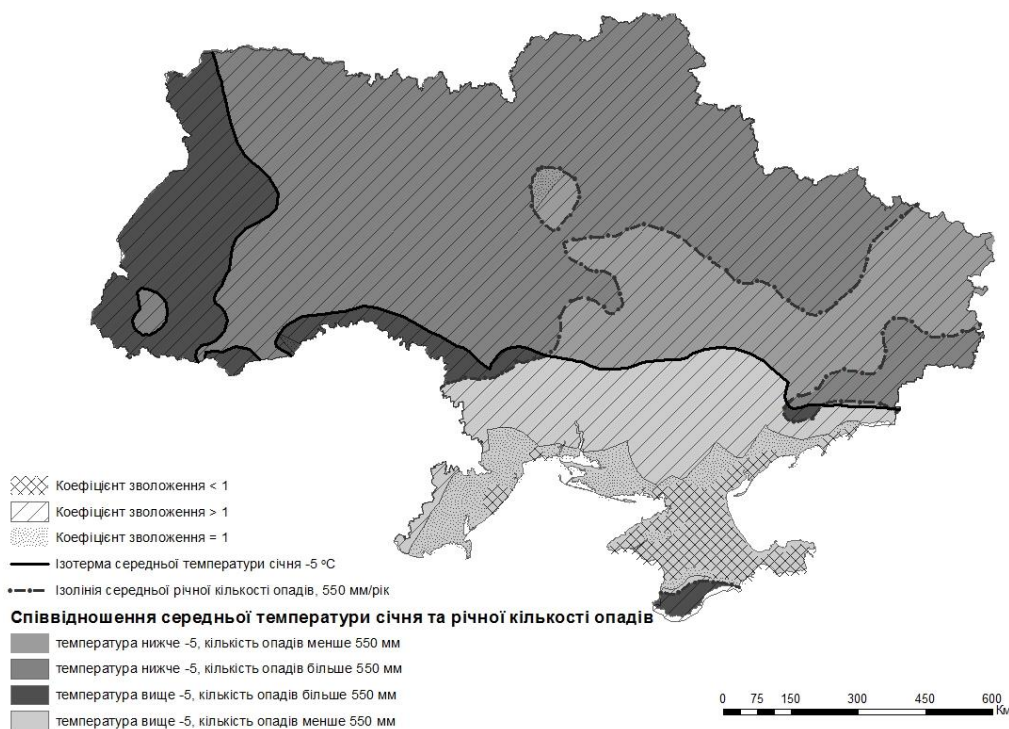


Рис. 2. Результат відображення особливостей кліматичних умов України в середовищі ArcMap 10.1

Врахування меж річкових басейнів забезпечує дотримання басейнового принципу управління водними ресурсами в межах гідрографічних кордонів відповідно до морфології конкретного річкового басейну.

Результати екологічного районування в середовищі ГІС ArcMap 10.1 на основі обраних

критеріїв представлені на рисунку 3. На території України було виділено 10 екологічних регіонів, межі яких найкраще визначаються межами геоморфологічних провінцій. Подальший поділ на підрайони ґрунтується на ізотермах січня -5°C , річних сумах опадів та значеннях коефіцієнту зволоження.

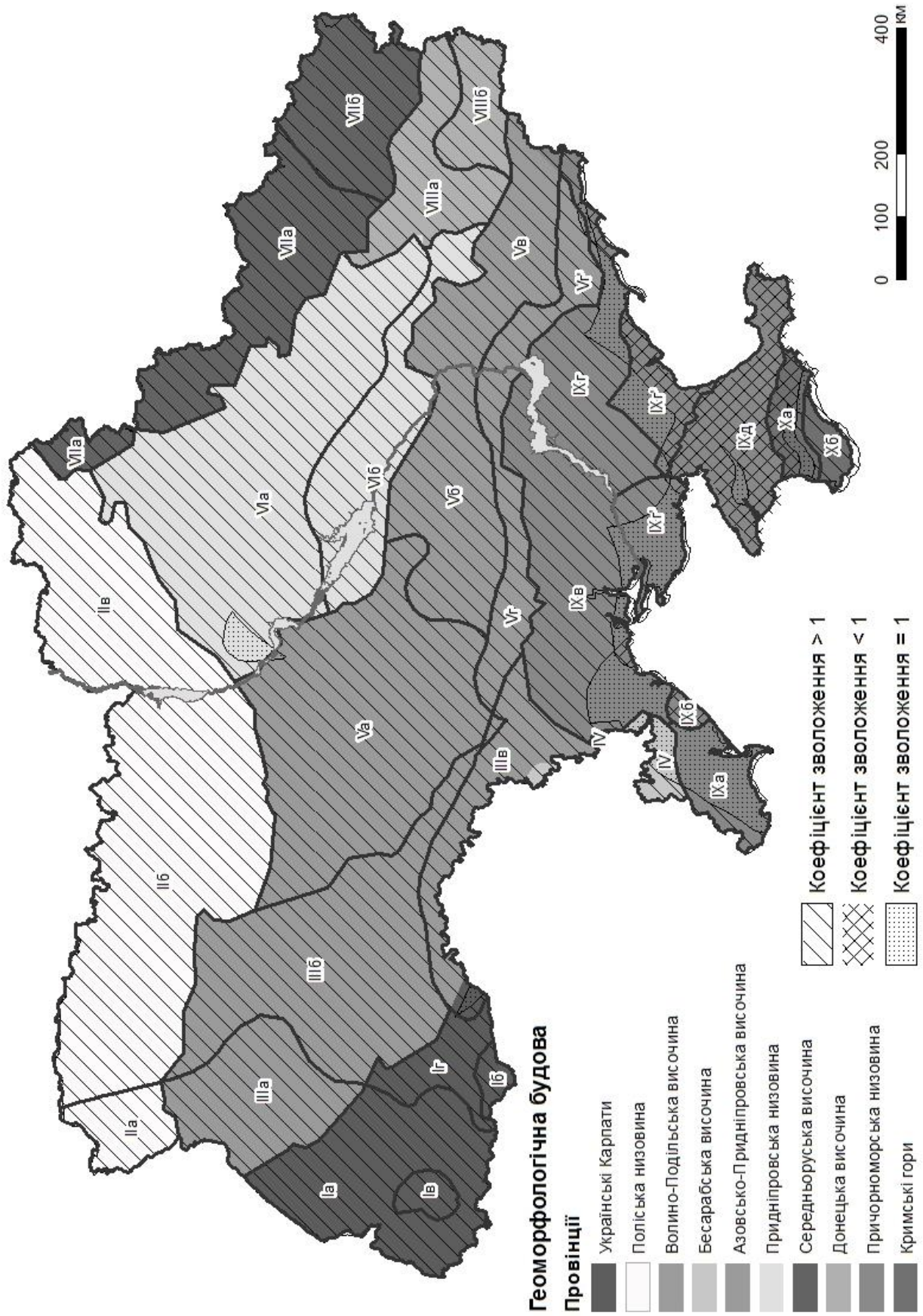


Рис. 3. Екологічні райони для планування і проектування споруд біоплато в Україні

Наприклад, для екорайону I – Українські Карпати, підрайони Ia та Ib (Північна Буковина) характеризується середньомісячною температурою січня більше -5°C та річною кількістю опадів більше 550 мм, підрайони Iv та Ig – середньомісячною температурою січня менше -5°C та річною кількістю опадів більше 550 мм. Найбільш посушливими підрайонами в межах екорайону IX – Причорноморська низовина є IXб, IXг (Північне Причорномор'я) та IXд (Степовий Крим) із середньомісячною температурою січня вище -5°C , коефіцієнтом зволоження <1 та річною кількістю опадів менше 550 мм (рис. 2, рис. 3).

Висновки

За сукупністю геоморфологічних, кліматичних та гідрологічних характеристик майже вся територія України, за винятком частини Карпат та Криму. Є придатною для впровадження фітотехнологій «біоплато».

Запропоноване екологічне районування дає ширші можливості щодо проектування споруд біоплато, коректного розрахунку параметрів їх функціонування, визначення домінуючих видів рослинних угруповань для досягнення належної ефективності очищення стічних вод, враховуючи регіональні обмеження для використання даної технології, на кшталт недостатнього перепаду висот місцевості, надмірного зволоження або, навпаки, тривалості посушливого сезону. У випадках недостатнього перепаду висот та близького залягання ґрунтових вод, як, наприклад, в умовах Поліської чи Придніпровської низовин, додаткові витрати електроенергії знадобляться для подання стічних вод до блоків біоплато, а також додаткові заходи щодо ізоляції блоків для запобігання інфільтрації забруднених стоків у ґрунт. При коефіцієнтах зволоження >1 обсяг стічної води у блоках біоплато може збільшуватися за розрахунковий без врахування цього фактору, що може, в свою чергу призводити як до тимчасового їх затоплення, так і до зменшення часу перебування стічної води відносно оптимального. Коефіцієнти зволоження <1 позначитимуть, що, з одного боку, збільшиться час перебування стічних вод у блоках біоплато, а з іншого, це може призвести до скорочення обсягів скиду стічних вод після очищення до водних об'єктів.

Щодо застосування видів вищої водної рослинності у складі споруд фітотехнології «біоплато», найбільш прийнятними є очерет звичайний (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.) та рогіз широколистий (*Typha latifolia* L.), які поширені на території всіх екорайонів. Інші види макрофітів треба добирати із врахуванням місцевих геоботанічних особливостей.

Література

1. Дмитренко, Т. В. Аналіз сучасного стану проблеми екологічної деградації малих річок України [Текст] / Т. В. Дмитренко, Ю. І. Вергелес // Комунальне господарство міст. - 2016. - Вип. 132. - С. 93-97.
2. Завацький, С. В. Біоінженерні споруди для очищення стічних вод малої продуктивності [Текст] / С. В. Завацький, Л. С. Котельчук., А. Л. Котельчук // Чернігівський науковий часопис. – Серія 2. Техніка і природа. – 2012. – № 1(3). – С. 57-63.
3. Хун-юй, Ц. Біоплато для очистки сточних вод. [Текст] / Ц. Хун-юй // Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки. – Вип. 4. - 2005. – С. 114-124.
4. Jenssen, D., Mæhlum, T., and Krogstad, T. (1993). Potential Use of Constructed Wetlands for Wastewater Treatment in Northern Environments, *Water Science & Technology*, 28(10), 149-157.
5. Stein, O.R., and Hook, P.B. (2005). Temperature, plants, and oxygen: how does season affect constructed wetland performance? *Journal of Environmental Science and Health*, 40(6-7), 1331-1342.
6. Kadlec, R.H., and Reddy, K.R (2001). Temperature effects in treatment wetlands. *Water Environment Research* 73(5), 543-557.
7. Красовський, Г. Я. Районування території за рівнем антропогенного навантаження з залученням технологій дистанційного зондування Землі з космосу і геоінформаційних систем. [Текст] / Г. Я. Красовський, В. О. Охарева // Екологічна безпека та природокористування. – 2010. – С. 5-48.
8. Геоморфологія: терміни й поняття (коментар) [Текст]: навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / Т. С. Павловська; за ред. проф. І. П. Ковальчука. - Луцьк: Волин. нац. ун-т ім. Лесі Українки, 2009. - 284 с.

References

1. Dmytrenko, T., Vergeles, Yu. (2016) Small rivers ecological degradation in Ukraine: State of the art. *Komunal'ne hospodarstvo mist*, 132, 93-97. (in Ukrainian)
2. Zavats'kyi, S., Kotel'chuk, S., Kotel'chuk, A. (2012) Bio-engineering facilities of small capacity for wastewater treatment. *Chernihiv's'kyi naukovi visnyk. Series 2. Tekhnika i pryroda*, 1(3), 57-63 (in Ukrainian)
3. Hung-Yui, Q. (2005) 'Bioplato' facilities for wastewater treatment. *Problemy vodopostachannya, vodovidvedennya ta hidravliki*, 4, 114-124. (in Russian)
4. Jenssen, D., Mæhlum, T., and Krogstad, T. (1993). Potential Use of Constructed Wetlands for Wastewater Treatment in Northern Environments, *Water Science & Technology*, 28(10), 149-157.
5. Stein, O.R., and Hook, P.B. (2005). Temperature, plants, and oxygen: how does season affect constructed wetland performance? *Journal of Environmental Science and Health*, 40(6-7), 1331-1342.
6. Kadlec, R.H., and Reddy, K.R (2001). Temperature effects in treatment wetlands. *Water Environment Research* 73(5), 543-557.
7. Krasov's'kyi, G., Okharev, V. (2010) Territory zoning according to the anthropogenic loads by means of remote sensing technologies. *Ekologichna bezpeka na pryrodokorystuvannya*, 5-48. (in Ukrainian)

8. Pavlovs'ka, T. (2009) Geomorphology; Terms and concepts (Comments): A student's textbok] / T. S. Pavlovs'ka; Prof. I. P. Koval'chuk, ed. – Luts'k, Lesya Ukrayinka National Univeristy of Volyn', 284. (in Ukrainian)

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Ф.В. Стольберг, Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Україна

Автор: ВЕРГЕЛЕС Юрій Ігорович
старший викладач
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова
E-mail – Yuri_Vergeles@hotmail.com
ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4915-1489>

Автор: ГЕРАСИМЕНКО Яна Олександрівна
старший лаборант
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова
E-mail – gerasymenko.yana@ukr.net

Автор: ЗАДОРЖНИЙ Костянтин Миколайович
кандидат біологічних наук, доцент
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова
E-mail – konstantin-zador@mail.ru

Автор: ОРЛОВА Яна Олександрівна
студентка магістратури
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова
E-mail – yanochka94-94@mail.ru

Автор: ХАНДОГІНА Ольга Вадимівна
старший викладач
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова
E-mail – ol.khandogina@gmail.com
ID ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1100-5267>

ECOLOGICAL ZONING AND DELINEATION OF THE TERRITORY OF UKRAINE FOR PROSPECTIVE IMPLEMENTATION OF PHYTOTECNOLOGY TO WASTEWATER TREATMENT AND PROTECTION OF SMALL RIVERS AGAINST POLLUTION

Yu. Vergeles, Ya. Gerasimenko, K. Zadorozhnyi, Ya. Orlova, O. Khandogina

O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Ukraine

The paper aims at zoning of the territory of Ukraine for the needs of planning, design and situating the constructed wetland (CWs) facilities for wastewater treatment. Such zoning is based on GIS-modelling of geomorphology, climatic features and river basin delineation Ukraine.

Both geomorphological and climatic features make Ukraine suitable for wide implementation of CWs. However, such features as mean temperature of January (the coldest month), annual precipitation and relative humidity-aridity (measured as the ratio of annual precipitation to annual evapotranspiration) should be considered while calculating CWs treatment parameters.

Totally 10 ecological zones (30 districts) were identified and delineated. The most suitable for CWs implementation appeared ecological districts in the Podillya and Srednyorosys'ka rolling plains, and the Middle-Dnieper and Pontic Lowlands, however the rest of districts are generally suited for this purpose, as well.

Keywords: climate features, geomorphology, phytotechnologies, river basins, water quality, water resources, zoning