

УДК 502.34

Ю.І. Вергелес, Т.В. Дмитренко

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

ПРИНЦИПИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ ФІТОТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ІНТЕГРОВАНОГО УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ ВОДИ В УКРАЇНІ

У статті розглянуто проблеми впровадження інтегрованого підходу управління водними ресурсами за басейновим принципом. Висвітлено пріоритетні завдання діяльності басейнових управлінь на прикладі Сіверсько-Донецького басейнового управління водних ресурсів. Розглянуто принципи та перспективи впровадження фітотехнологій для інтегрованого управління якістю води в Україні.

Ключові слова: водні ресурси, басейновий принцип інтегрованого управління, басейн річки, якість води, фітотехнології

Постановка проблеми

Активне використання водних ресурсів викликає необхідність встановлення гідрологічних, соціальних, економічних, екологічних взаємозв'язків та інтегрованих підходів до управління в водних басейнах, що вимагає вдосконалення інституціональних структур та покращення виконавчої практики [1]. Впровадження інтегрованого управління водними ресурсами є одним із пріоритетних напрямків державної екологічної політики України [2].

Метою статті є аналіз сучасного стану впровадження в Україні принципів інтегрованого управління якістю води на рівні річкових басейнів та окреслення перспектив використання фітотехнологій для реалізації цих принципів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Питання управління водогосподарським комплексом України досліджували багато вчених, зокрема: А. А. Александров, І. К. Бистряков, Б. М. Данилишин, Т. Галушкіна, С. І. Дорогунцов, В. С. Міщенко, М. М. Паламарчук, В. М. Трегобчук, М. А. Хвесик, В. Я. Шевчук, А. В. Яцик, В. А. Сташук, І. В. Жерелина, Л. Джонсон, Д. Вikerс, А. Городецькій, С. В. Веніціанов, М. П. Далькова та ін. [3].

В роботі [4] розглянуто проблему розвитку водогосподарського комплексу України на державному рівні, проаналізовано шляхи впровадження інтегрованого підходу управління водними ресурсами за басейновим принципом.

Сучасний стан розвитку законодавчої бази України щодо процесу реформування системи управління водними ресурсами визначено в роботі [1]. У статті [5] авторами проаналізовано положення законодавства України та Європейського Союзу

щодо забезпечення якості водних ресурсів. Визначено, що більшість зазначених положень українського законодавства відповідає європейському законодавству. Так, основні програми у сфері водної політики і водного господарства Європейського Союзу та України спрямовані на: забезпечення збереження, раціонального використання і відтворення водних ресурсів, охорони водних ресурсів від забруднення, засмічення та вичерпання, створення умов для переходу до сталого й ефективного функціонування екосистем у водних басейнах та, головне, забезпечення якості водних ресурсів і поліпшення їх стану.

Проблемам узгодження національної нормативно-регуляторної бази в галузі управління водними ресурсами з вимогами Рамкової водної директиви ЄС присвячено публікацію А. В. Гриценка із співавторами [6]. Зокрема, автори наполягають на необхідності чітко визначати зони перемішування у водоймах та водотоках, де скидають зворотні води. Крім того, запропоновані низка організаційно-технічних, агротехнічних та лісомеліоративних заходів, які спрямовані на запобігання або зменшення обсягів надходження зворотних вод і, відповідно, забрудників до поверхневих та ґрунтових вод. Авторі зазначають необхідність врахування басейнового принципу розрахунку норм ГДС речовин та пропонують розширити сферу застосування Правил охорони поверхневих вод.

В оглядовій роботі [7] зазначено, що екологічний стан більшості малих річок України є край незадовільним. Основними джерелами забруднення вод є промислові, комунальні, сільськогосподарські джерела. Ефективний захист малих річок від забруднення та запобігання їх екологічної деградації є можливим тільки за умови

впровадження комплексних заходів з оптимізації довкілля та природокористування на рівні цілого водозбірного басейну. Визначено, що складовою цього комплексу є впровадження фітотехнологій.

Виклад основного матеріалу

Річковий басейн як соціально-екологічна система. Інтегроване управління водними ресурсами за басейновим принципом - процес, запроваджений Водною Рамковою Директивою Європейського Союзу (2000). Цей документ, зокрема, передбачає, що основною одиницею управління є територія річкового басейну. В сучасних науках про довкілля будь-який водозбірний басейн розглядають як соціально-екологічну систему [8, 9]. Для характеристики і моделювання процесів формування якості води використовують комплекси різноманітних індикаторів – екологічних, гідрологічних, ландшафтних, соціально-економічних, за якими проводять моніторинг, застосовують числове та ГІС-моделювання, виробляють та оцінюють сценарії розвитку водогосподарського комплексу на тлі змін клімату, видів та структури землекористування і соціально-демографічних показників [10, 11, 12-15]. Як свідчить світова практика, такий інтегрований підхід сприяє максимальному досягненню цілей і завдань охорони та відтворення водних екосистем, забезпечення раціонального використання водних ресурсів [16, 17].

Важливим кроком у сфері переходу до інтегрованого підходу управління водними ресурсами стало прийняття Верховною Радою України Закону України “Про затвердження Загальнодержавної цільової програми розвитку водного господарства та екологічного оздоровлення басейну р. Дніпра на період до 2021 року” від 24.05.2012 р. № 4836-VI, якою передбачається, серед іншого, розроблення та виконання планів управління басейнами річок, утворення басейнових рад річок, а також підвищення ролі існуючих та утворення нових басейнових управлінь водних ресурсів в системі Держводагентства України [4].

Принципальні положення інтегрованого управління водними ресурсами в басейні річки передбачають, що:

- управління водними ресурсами здійснюється в межах гідрографічних кордонів, відповідно до морфології конкретного річкового басейну;

- управління враховує використання всіх видів водних ресурсів (поверхневих, підземних і зворотних вод), беручи до уваги кліматичні особливості регіонів;

- громадськість бере участь не тільки в управлінні, а й у фінансуванні, підтримці, плануванні та розвитку водогосподарської

інфраструктури;

- уповноважені органи виконавчої влади забезпечують інформаційну відкритість і прозорість системи управління водними ресурсами;

- управління здійснюється в умовах економічної і фінансової стабільності [18].

Басейновий принцип управління водними ресурсами в Україні, який став основою планування і впровадження водокористування, а також охорони і відродження водних ресурсів, почав діяти відповідно до Загальнодержавної програми розвитку водного господарства (Закон України від 17 січня 2002 р.) [19].

В Україні нараховується 10 басейнових управлінь – Дніпровське, Деснянське, Дністровсько-Прутське, Дунайське, Західно-Бузьке, Кримське, Сіверсько-Донецьке, рр. Південний Буг, Тиса та Рось [1].

Наприклад, державне управління водними ресурсами в басейнах річок Сіверського Дінця і Приазов'я у межах Харківської, Донецької і Луганської областей з метою забезпечення населення і галузей економіки достатньою кількістю водних ресурсів необхідної якості, здійснює Сіверсько-Донецьке басейнове управління водних ресурсів (СДБУВР), що є структурним підрозділом Державного агентства водних ресурсів України [19]. Пріоритетні завдання його діяльності:

1. Державне управління у галузі водного господарства, здійснення єдиної технічної політики, впровадження у водне господарство досягнень науки, техніки, нових технологій і передового досвіду.

2. Розробка і встановлення режимів роботи водосховищ комплексного призначення, затвердження правил їх експлуатації і моніторингу якісного стану водних ресурсів і меліорованих земель.

3. Розробка і участь в реалізації державних, міждержавних і регіональних програм використання і охорони вод і відновлення водних ресурсів.

4. Забезпечення потреб населення і галузей економіки у водних ресурсах та їх міжбасейновий перерозподіл.

5. Здійснення радіологічного, гідрохімічного, токсикологічного і бактеріологічного моніторингу водних об'єктів комплексного призначення.

6. Здійснення заходів щодо екологічного оздоровлення поверхневих водних об'єктів і догляду за ними.

7. Проведення заходів щодо популяризації екологічних знань, дбайливого відношення до водних ресурсів, роз'яснювальна робота, інформування і консультації населення щодо діяльності, актуальних питань розвитку водогосподарсько-меліоративного комплексу.

8. Ведення державного обліку водокористування і державного водного кадастру, здійснення аналізу і узагальнення даних державного обліку водокористування по басейну.

9. Здійснення міжнародної співпраці у галузі використання і охорони вод і відновлення водних ресурсів прикордонних вод.

10. Здійснення контролю дотримання режимів роботи водосховищ і водогосподарських систем і вирішення інших питань у галузі управління, контролю використання і охорони вод і відновлення водних ресурсів [19].

Перераховані завдання і питання, що стоять перед СДБУВР, можна розглядати як типові і обов'язкові для організаційно-управлінського підходу при реалізації басейнового принципу управління водними ресурсами в Україні.

У загальному випадку, схема управління на басейновому рівні є послідовністю (циклом) таких заходів:

- накопичення інформації про стан водного об'єкту і впливу на нього;
- визначення вільного ресурсу водного об'єкту;
- розробка параметрів обмеження на використання вод за наслідками оцінки вільного ресурсу, а також з урахуванням конкурентних умов і необхідності попередження конфліктів;
- введення обмежень в дію;
- контроль виконання обмежень;
- організація виконання басейнових водозахисних робіт і заходів;
- оцінка результатів водокористування і впливу на водний об'єкт і розробка перспективних напрямів діяльності [20].

Під впливом розуміють водокористування, яке призводить до зміни витрат річкової води або її властивостей.

Під конфліктами розуміють конкурентні протиріччя у вимогах і можливостях окремих водокористувачів (груп водокористувачів) і спроба неприпустимої зміни людиною умов існування природних співтовариств [20].

Басейнове планування може здійснюватися як загальне (для гирлового створу) або як детальне. При загальному плануванні неможливо враховувати процеси розпаду і перетворення речовин, повністю відсутні оцінки максимальної щільності потоку в створі і т.п. Загальне планування, на думку В. О. Знаменського, забезпечує глобальну перевірку принципів можливостей вирішення завдань і прогнозування результату на величезній території басейну річки, істотної частини (округу) або всієї території країни [20].

У роботі [21] визначено теоретичні підходи стосовно оцінки процесу розбавлення стічних вод в різних водотоках і водоймищах.

Для випадку надходження забруднених вод з декількох джерел забруднення, послідовно розташованих за довжиною водотоку, застосовують методику розрахунку на основі вирішення рівняння турбулентної дифузії згідно кінцево-різницевої схеми [22]. Початкові концентрації всіх джерел беруться в абсолютних величинах (г/м^3) або ж приводяться до єдиної системи відносних величин (наприклад, в %). Для цього концентрації стічних вод, що скидаються з різних джерел, перераховуються у відсотки відносно того джерела, яке має максимальну концентрацію, що приймається за 100 %. Розрахунок ведеться вниз за течією річки, починаючи від першого джерела забруднення до створу другого джерела. Для другого джерела забруднення розрахунок ведеться в такому ж порядку, але тепер фоном служить поле концентрації, отримане з розрахунку розбавлення забруднень, що поступають з першого джерела. При заданих початкових умовах другого джерела також враховуються витрати скиду і концентрація речовини. За аналогічною схемою виконується розрахунок для будь-якого числа джерел скиду. При розсіювальному скиді стічних вод і умові рівності витрати скиду для всіх випусків, розрахунок виконується за методом А.В. Караушева [22]. При цьому на початковому етапі розрахунок ведеться лише для одного випуску, оскільки умови розбавлення для всіх випусків приймаються однаковими. Далі з урахуванням розмірів розрахункових клітинок і відстаней між сусідніми випусками визначається відстань від місця випуску до створу, де відбудеться злиття забруднених струменів, що поступають із сусідніх випусків. Починаючи від цього створу, в розрахунок включаються всі або декілька (залежно від загальної кількості) скидні отвори.

Принципи і перспективи застосування фітотехнологій в практику інтегрованого управління водними ресурсами. Для відновлення водних об'єктів необхідно розуміти взаємозв'язки між якістю поверхневих вод та структурою й інтенсивністю землекористування, ступенями заліснення, розораності ґрунтів, наявністю геохімічних бар'єрів на рівні водозбірного басейну в цілому, і на основі цього запроваджувати високоефективні технології для очистки стічних та відновлення поверхневих вод, що дозволить запобігти екологічній деградації малих річок [23]. Сукупність заходів щодо впливу на кількість та якість водних ресурсів в межах водного басейну, спрямованих на підтримання та збільшення самоочищувальних властивостей водних та суходільних екосистем водозборів, розглядають як екологічні технології [24, 25]. Фітотехнології – це різновиди екологічних технологій, які охоплюють

методи, технології та конструктивні рішення очистки природних і стічних вод з використанням рослинних компонентів [7]. В Україні синонімічним терміну «фітотехнології» є термін «фітомеліорація». За В.П. Кучерявим, рослинний блок у складі фітотехнологій виконує середовище-утворювальні, трофічно-регуляційні, метаболічно-регуляційні та гуманітарно-естетичні функції [26]. В якості рослинного блоку використовують штучно створені або модифіковані природні рослинні угруповання наземних, водно-болотяних та водних екосистем. Таким чином, застосування фітотехнологій є можливим на різних гідроморфологічних елементах водозборів та водойм, відносно різноманітних проблем, пов'язаних із впливом на кількість і якість водних ресурсів.

Завдяки своїм екосистемним функціям, рослинні інженерні системи в річкових басейнах забезпечують: гідрологічний контроль; утримання, перехоплення та рециркуляцію біогенних речовин в екосистемах суходільних частин водозборів, зменшуючи (на 20-90%) їх надходження до водойм і водотоків із екзогенних джерел; осадження, трансформацію та знешкодження алохтонних речовин-забрудників; денітрифікацію; біофільтрацію (наприклад, зменшення кількості фітопланктону при надлишковому його розвитку для запобігання т. зв. «цвітінню» води і виділенню альготоксинів); підвищення самоочищувальної здатності водних екосистем [27, 28, 29, 30, 25].

Очисні споруди на основі фітотехнологій для використання в інтегрованому управлінні водними ресурсами, зокрема, для очищення зворотних та природних поверхневих вод підрозділяються на такі види: інфільтраційні, поверхневі, наплавні, руслові, берегові. Руслові і берегові споруди фітотехнологій призначені переважно для очищення природних вод і відновлення водотоків (річок, каналів). Інфільтраційні і поверхневі споруди використовуються для очищення стічних вод і поверхневого стоку. Наплавні споруди можуть використовуватися в системах очищення як стічних, так і природних вод [7, 24, 25].

На основі аналізу різноманітних джерел [10, 29, 31, 24, 12, 13], можна сформулювати низку принципів щодо застосування фітотехнологій у практиці управління якістю води:

1. Різноманіття за складом та структурою рослинних угруповань як середовище-утворювальних блоків в штучних та природно-штучних екосистемах.

2. Використання фітотехнологій як на рівні точкових джерел забруднення водного об'єкту, так і в самих забруднених водотоках або водоймах.

3. Комплексність – використання одного типу фітотехнологій для вирішення декількох пов'язаних

проблем.

4. Спрямованість на зменшення обсягів надходження забрудників від всіх джерел в межах певного басейну.

5. Встановлення кількісно виражених цілей досягнення бажаного екологічного стану водотоків або водойм.

6. Співпраця із місцевими громадами щодо запобігання забрудненню, ремедіації забруднених компонентів довкілля та поліпшення якості поверхневих вод.

7. Координація різноманітних ініціатив з боку уповноважених басейнових управлінь.

Висновки

Інтегрований підхід сприяє максимальному досягненню цілей і завдань охорони та відтворення водних екосистем, забезпечення раціонального використання водних ресурсів.

Екотехнологічні заходи із забезпечення нормативних показників якості води мають поєднуватися із організаційно-технічними заходами на рівні річкових басейнів і доповнювати інженерно-технологічні рішення, спрямовані на поліпшення якості водних ресурсів.

В практиці управління якістю водних ресурсів в Україні фітотехнології, на відміну від країн ЄС, ще використовуються недостатньо і у відриві від інших технологічних заходів.

Література

1. Гребінь, В.В. Гідрографічне районування території України як передумова розробки планів інтегрованого управління річковими басейнами [Текст] / В.В. Гребінь, М.В. Яцюк, О.В. Чунарьов // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2012. - Т. 2. - С. 8-16.
2. Сташук, В.А. Еколого-економічні основи басейнового управління водними ресурсами: монографія [Текст] / В.А. Сташук. – Д.: ВАТ «Вид-во «Зоря», 2006. – 480 с.
3. Пшеюк, О.О. Адміністрування діяльності водогосподарського комплексу за басейновим принципом: міжнародний досвід та перспективи впровадження [Текст] / О.О. Пшеюк // Фінансова система України: наукові записки. – Серія : Економіка. – 2009. - № 11. – С. 311-316.
4. Євдокимов, В.О. Державне регулювання розвитку водогосподарського комплексу шляхом впровадження інтегрованого підходу до управління водними ресурсами за басейновим принципом [Текст] / В.О. Євдокимов, В.М. Жук // Актуальні проблеми державного управління. – 2015. - № 1 (47). – С. 139-145.
5. Дейнега, М.А. Правове забезпечення якості водних ресурсів за законодавством України та Європейського Союзу [Текст] / М.А. Дейнега, Р.І. Шестопалка // Національний університет біоресурсів і природокористування України. - 2013. – № 182. Ч. 2. - С. 116-123.
6. Гриценко, А.В. Удосконалення правил охорони поверхневих вод України від забруднення зворотними

- водами [Текст] / А.В. Гриценко, О.Г. Васенко, В.С. Кресін // Проблеми охорони навколишнього природного середовища та екологічної безпеки: зб. наук. пр., УкрНДІЕП. – 2016. – Вип. XXVIII. – С. 3-13.
7. Дмитренко, Т.В. Аналіз сучасного стану проблеми екологічної деградації малих річок України [Текст] / Т.В. Дмитренко, Ю.І. Вергелес // Комунальне господарство міст. – 2016. - № 132. – С. 93-97.
8. Mayer, A., Winkler, R., Fry, L. (2014) Classification of watersheds into integrated social and biophysical indicators with clustering analysis. *Ecological Indicators*, 45: 340-349. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.04.030>
9. Neumann, A., Kim, D.-K., Perhar, G., Arhonditsis, G.B. (2017) Integrative analysis of the Lake Simcoe watershed (Ontario, Canada) as a socio-ecological system. *Journal of Environmental Management*, 188: 308-321. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.11.073>
10. Comín, F.A., Sorando, R., Darwiche-Criado, N., García, M., Masip, A. (2014) A protocol to prioritize wetland restoration and creation for water quality improvement in agricultural watersheds. *Ecological Engineering*, 66: 10-18. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoleng.2013.04.059>.
11. Erol, A., Randhir, T.O. (2013) Watershed ecosystem modeling of land-use impacts on water quality. *Ecological Modelling*, 270: 54-63. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2013.09.005>
12. Ni, J., Xu, J., Zhang, M. (2016) Constructed wetland planning-based bi-level optimization to balance the watershed ecosystem and economic development: A case study at the Chaohu Lake watershed, China. *Ecological Engineering*, 97: 106-121. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.07.024>
13. Richardson, C.J., Flanagan, N.E., Ho, M., Pahl, J.W. (2011) Integrated stream and wetland restoration: A watershed approach to improved water quality on the landscape. *Ecological Engineering*, 37: 25-39. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2010.09.005>
14. Sanchez, G.M., Nejadhashemi, A.P., Zhang, Zh., Marquart-Pyatt, S., Habron, G., Shortridge, A. (2015) Linking watershed-scale stream health and socioeconomic indicators with spatial clustering and structural equation modeling. *Environmental Modelling & Software*, 70: 113-127. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2015.04.012>
15. Yang, G., Best, E.P.H. (2015) Spatial optimization of watershed management practices for nitrogen load reduction using a modeling-optimization framework. *Journal of Environmental Management*, 161: 252-260. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.06.052>
16. Водна рамкова директива ЄС 2000/60. Основні терміни та їх визначення. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://dbuwr.com.ua/docs/Waterdirect.pdf>
17. Наукові засади раціонального використання водних ресурсів України за басейновим принципом [Текст]: Монографія / [В.А. Сташук, В.Б. Мокін, В.В. Гребін, О.В. Чунарьов] / За ред. В.А.Сташук. – Херсон: Грін Д.С., 2014. – 320 с.
18. Вострікова, Н. В. Аналіз стану законодавчої бази щодо інтегрованого управління водними ресурсами в Україні [Текст] / Н.В.Вострікова // Державне будівництво. – 2014. - № 1.- С. 25-32.
19. Сіверсько-Донецьке басейнове управління водними ресурсами: [Офіційна сторінка] [Електронний ресурс] – Режим доступу: www.sdbuvr.slav.dn.ua.
20. Знаменский, В.А. Управление потоками веществ, сбрасываемых в реки: монография [Текст] / В.А. Знаменский; НИИЭРВ, Красноярск, 2005. – 163 с.
21. Лапшев, Н.Н. Расчеты выпусков сточных вод [Текст] / Н.Н. Лапшев. – М.: Стройиздат, 1977. – 87 с. (Защита окружающей среды).
22. Практические рекомендации по расчету разбавления сточных вод в реках, озерах и водохранилищах [Текст] / Сост.: А.В. Караушев, А.Я. Шварцман, М.А. Бесценная, Л.И. Фаустова. – Ленинград, 1970. – 89 с.
23. Охрана водных ресурсов [Текст] / Сост.: И.И. Бородавченко, Н.В. Зарубаев и др. – М.: Колос, 1979. – 246 с.
24. Mitsch W., Jørgensen S. E. *Ecological Engineering and Ecosystem Restoration* / William J. Mitsch, Sven Erik Jørgensen. – Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, Inc., 2004, 380 p.
25. Zalewski M. (ed.) *Integrated Watershed Management: Ecohydrology & Phytotechnology Manual* / Maciej Zalewski, Iwona Wagner-Lotkowska, Editors. – Osaka: UNEP - The United Nations Environment Programme, International Environmental Technology Centre, 2004, 246 p.
26. Кучерявий, В.П. Фітомеліорація [Текст] / В.П. Кучерявий. – Львів: Світ., 2003. – 540 с.
27. Castaldelli, G., Soana, E., Racchetti, F., Fano, E.A., Bartoli, M. (2012) Vegetated canals mitigate nitrogen surplus in agricultural watersheds. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 212: 253-262. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2015.07.009>
28. Darwiche-Criado, N., Comin, F.A., Masip, A., Garcia, M., Eismann, S.G., Sorando, R. (2017) Effects of wetland restoration on nitrate removal in an irrigated agricultural area: The role of in-stream and off-stream wetlands. *Ecological Engineering*, 103, Part B: 426-435. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.03.016>
29. Grochowska, J., Augustyniak, R., Łopata, M. (2017) How durable is the improvement of environmental conditions in a lake after the termination of restoration treatments. *Ecological Engineering*, 104, Part A: 23-29. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2017.03.020>
30. Tournebize, J., Chaumont, C., Mander, Ü. (2017) Implications for constructed wetlands to mitigate nitrate and pesticide pollution in agricultural drained watersheds. *Ecological Engineering*, 103, Part B: 415-425. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.02.014>
31. Gross, C., Hagy III, J.D. (2017) Attributes of successful actions to restore lakes and estuaries degraded by nutrient pollution. *Journal of Environmental Management*, 187: 122-136. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.11.018>

References

1. Grebin', V.V. Hydrographic divisioning of Ukraine as a prerequisite for integrated water basin management / V.V. Grebin', M.V. Yatsyuk, O.V. Chunar'yov // *Hydrologiya, hydrokimiya i hydroekologiya*, 2012, V.2, P. 8-16. (in Ukrainian)
2. Stashuk, V.A. *Environmental and economic fundamentals of water resources management at a basin scale: Monograph* / V.A. Stashuk. Dnipro: JSV 'Zorya' Publ., 2006, 480 p. (in Ukrainian)
3. Psheyuk, O.O. *The basin principle of administrating water resources management: An international perspective and*

- prospects for implementation / O.O. Psheyuk // *Finansova sistema Ukrainy: naukovi zapysky, Seriya 'Ekonomika'*, 2009, N. 11, P. 311-316. (in Ukrainian)
4. Yevdokymov, V.O. Governing the water economy by the means of implementation of the integrated water resource management using the basin approach / V.O. Yevdokymov, V.M. Zhuk // *Aktual'ni problem derzhavnogo upravlinnya*, 2015, N. 1 (47), P. 139-145. (in Ukrainian)
5. Deynega, M.A. Legislative support for securing water resources quality in Ukraine and the European Union / M.A. Deynega, R.I. Shestopalka // *Natsional'nyi universytet bioresursiv I pryrodokorystuvannya Ukrainy*, 2013, N. 182, Pt.2, P. 116-123. (in Ukrainian)
6. Grytsenko, A.V. Improved rules of surface water pollution from reverse waters in Ukraine / A.V. Grytsenko, O.G. Vasenko, V.S. Kresin // *Problems of environmental protection and safety*, 2016, Iss. XXXVIII, P. 3-13. (in Ukrainian)
7. Dmytrenko, T.V. Small rivers ecological degradation in Ukraine: State of the art / T.V. Dmytrenko, Yu.I. Vergeles // *Komunal'ne hospodarstvo mist*, 2016, N. 132, P. 93-97. (in Ukrainian)
8. Mayer, A., Winkler, R., Fry, L. (2014) Classification of watersheds into integrated social and biophysical indicators with clustering analysis. *Ecological Indicators*, 45: 340-349. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.04.030>
9. Neumann, A., Kim, D.-K., Perhar, G., Arhonditsis, G.B. (2017) Integrative analysis of the Lake Simcoe watershed (Ontario, Canada) as a socio-ecological system. *Journal of Environmental Management*, 188: 308-321. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.11.073>
10. Comín, F.A., Sorando, R., Darwiche-Criado, N., García, M., Masip, A. (2014) A protocol to prioritize wetland restoration and creation for water quality improvement in agricultural watersheds. *Ecological Engineering*, 66: 10-18. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoleng.2013.04.059>
11. Erol, A., Randhir, T.O. (2013) Watershed ecosystem modeling of land-use impacts on water quality. *Ecological Modelling*, 270: 54-63. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2013.09.005>
12. Ni, J., Xu, J., Zhang, M. (2016) Constructed wetland planning-based bi-level optimization to balance the watershed ecosystem and economic development: A case study at the Chaohu Lake watershed, China. *Ecological Engineering*, 97: 106-121. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.07.024>
13. Richardson, C.J., Flanagan, N.E., Ho, M., Pahl, J.W. (2011) Integrated stream and wetland restoration: A watershed approach to improved water quality on the landscape. *Ecological Engineering*, 37: 25-39. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2010.09.005>
14. Sanchez, G.M., Nejadhashemi, A.P., Zhang, Zh., Marquart-Pyatt, S., Habron, G., Shortridge, A. (2015) Linking watershed-scale stream health and socioeconomic indicators with spatial clustering and structural equation modeling. *Environmental Modelling & Software*, 70: 113-127. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2015.04.012>
15. Yang, G., Best, E.P.H. (2015) Spatial optimization of watershed management practices for nitrogen load reduction using a modeling-optimization framework. *Journal of Environmental Management*, 161: 252-260. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.06.052>
16. Water Framework Directive, EU 2000/06/ec. Accessed at: http://ec.europa.eu/environment/water/water-framework/index_en.html
17. Scientific bases of rational use of water resources of Ukraine following the basin approach: Monograph / V.A. Stashuk, ed.; V.A. Stashuk, V.B. Mokin, V.V. Grebin', O.V. Chunaryov. - Kherson, Grin' D.S. Publ., 2014, 320 p. (in Ukrainian)
18. Vostrikova, N.V. Analysis of the legislative state-of-the-art in integrated water resources management in Ukraine / N.V. Vostrikova // *Derzhavne budivnytstvo*, 2014, N. 1, P. 25-32. (in Ukrainian)
19. Siverski Donets' Basin Authority: An official web-site. - Accessed at: www.sdbuvr.slav.dn.ua
20. Znamenskiy, V.A. Managing the matter flows discharged to rivers: Monograph / V.A. Znamenskiy. NIIERV, Krasnoyarsk, 2005, 163 p. (in Russian)
21. Lapshev, N.N. Calculations of wastewater discharges / N.N. Lapshev. Moscow: 'Stroyizdat' Publ., 1977, 87 p. ('Environmental Protection' Series) (in Russian)
22. Practical recommendations on calculation of wastewater dilution in rivers, lakes and reservoirs / A.V. Karaushev, L.Ya. Shvartsman, M.A. Bestsennaya, L.I. Faustova. Leningrad, 1970, 89 p. (in Russian)
23. Water resources protection / I.I. Borodavchenko et al. Moscow: 'Kolos' Publ., 1979, 246 p. (in Russian)
24. Mitsch W., Jørgensen S. E. *Ecological Engineering and Ecosystem Restoration* / William J. Mitsch, Sven Erik Jørgensen. - Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, Inc., 2004, 380 p.
25. Zalewski M. (ed.) *Integrated Watershed Management: Ecohydrology & Phytotechnology Manual* / Maciej Zalewski, Iwona Wagner-Lotkowska, Editors. - Osaka: UNEP - The United Nations Environment Programme, International Environmental Technology Centre, 2004, 246 p.
26. Kucheryavyi, V.P. *Phytotechnology* / V.P. Kucheryavyi. Lviv: 'Svit' Publ., 2003, 540 p. (in Ukrainian)
27. Castaldelli, G., Soana, E., Racchetti, F., Fano, E.A., Bartoli, M. (2012) Vegetated canals mitigate nitrogen surplus in agricultural watersheds. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 212: 253-262. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2015.07.009>
28. Darwiche-Criado, N., Comin, F.A., Masip, A., Garcia, M., Eismann, S.G., Sorando, R. (2017) Effects of wetland restoration on nitrate removal in an irrigated agricultural area: The role of in-stream and off-stream wetlands. *Ecological Engineering*, 103, Part B: 426-435. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.03.016>
29. Grochowska, J., Augustyniak, R., Łopata, M. (2017) How durable is the improvement of environmental conditions in a lake after the termination of restoration treatments. *Ecological Engineering*, 104, Part A: 23-29. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2017.03.020>
30. Tournebize, J., Chaumont, C., Mander, Ü. (2017) Implications for constructed wetlands to mitigate nitrate and pesticide pollution in agricultural drained watersheds. *Ecological Engineering*, 103, Part B: 415-425. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.02.014>
31. Gross, C., Hagy III, J.D. (2017) Attributes of successful actions to restore lakes and estuaries degraded by nutrient pollution. *Journal of Environmental Management*, 187: 122-136. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.11.018>

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

Автор: ВЕРГЕЛЕС Юрій Ігорович
Харківський національний університет міського
господарства ім. О.М. Бекетова, Харків, старший
викладач.
E-mail – Yuri_Vergeles@hotmail.com

Автор: ДМИТРЕНКО Тетяна Володимирівна
Харківський національний університет міського
господарства ім. О.М. Бекетова, Харків, кандидат
технічних наук, доцент.
E-mail – t_dmytrenko@ukr.net

ПРИНЦИПЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ ФИТОТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ИНТЕГРИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ВОДЫ В УКРАИНЕ

Ю.И. Вергелес, Т.В. Дмитренко

Харьковский национальный университет городского хозяйства имени А.М. Бекетова, Украина

В статье рассмотрены проблемы внедрения интегрированного подхода к управлению водными ресурсами на основе бассейнового принципа. Освещены приоритетные задачи деятельности бассейновых управлений на примере Северско-Донецкого бассейнового управления водными ресурсами. Рассмотрены принципы и перспективы применения фитотехнологий для интегрированного управления качеством поверхностных вод в Украине.

Ключевые слова: водные ресурсы, бассейновый принцип интегрированного управления, речной бассейн, качество воды, фитотехнологии

PRINCIPLES AND PROSPECTS OF PHYTOTECHNOLOGY IMPLEMENTATION TO INTEGRATED WATER RESOURCES MANAGEMENT IN UKRAINE

Yu.I. Vergeles, T.V. Dmytrenko

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

The paper deals with the problem of implementation of integrated water resource management principles and practices at the watershed scale. Priority tasks of basin authorities are highlighted following the example of the Severski Donets River Authority, Ukraine. The principles and prospects of phytotechnology implementation to practices of integrated water resource management in Ukraine are discussed. These include: (1) diversity of plant communities used in phytotechnology facilities; (2) both off-stream and in-stream applications; (3) complex use of single type phytotechnologies; (4) addressing all pollution sources in a watershed; (5) setting numerical targets to achieve desired ecological health state; (6) bottom-up approach; and (7) leadership provided by a river basin authority.

Keywords: water resources, integrated water basin management, river basin, water quality, phytotechnologies