

## МОДЕРНІЗАЦІЯ СПОРУД В СИСТЕМАХ ВОДОПОСТАЧАННЯ З ПОВЕРХНЕВИХ ДЖЕРЕЛ

Віктор Хоружий<sup>1</sup>, Тетяна Хомуцька<sup>2</sup>, Ігор Недашковський<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup> Київський національний університет будівництва і архітектури  
31, Повітрофлотський пр., м. Київ, Україна, 03037

<sup>1</sup> докт. техн. наук, khoruzhyi.vp@knuba.edu.ua, orcid.org/0000-0002-5314-0483

<sup>2</sup> докт. техн. наук, khomutetska.tp@knuba.edu.ua, orcid.org/0000-0003-0153-4920

<sup>3</sup> Одеська державна академія будівництва та архітектури

4, вул. Дідріхсона, м. Одеса, Україна, 65029

канд. техн. наук, pk-ogasa@ukr.net, orcid.org/0000-0002-9494-6694

DOI: 10.32347/2524-0021.2021.37.74-83

**Анотація.** Разом зі стічними водами до поверхневих водойм, які є джерелами питного водопостачання, надходить значна кількість забруднень, що негативно впливає на екологічний стан водних ресурсів та становить загрозу для здоров'я і санітарного благополуччя населення. Основними забруднювачами поверхневих джерел є: стічні води господарсько-фекальної і промислової каналізації, які містять органічні забруднення, СПАР, іони важких металів; нафтопродукти, що надходять з промислових майданчиків та територій міської забудови; стоки від тваринницьких ферм та ставків-накопичувачів відходів виробництва; змив із сільгоспугідь продуктів мінеральних добрив та отрутохімікатів. Зарегулювання поверхневих джерел додатково впливає на погіршення якості води в них, тому діючі технології водопідготовки не завжди можуть забезпечити необхідний ступінь очистки питної води. За результатами моніторингових досліджень, понад 38% проб води, відібраних на об'єктах централізованого водопостачання, не відповідали нормативним вимогам. Таке становище спонукає вести пошук шляхів, які б дозволили створити умови для більш ефективної роботи систем водопостачання. Сприятим вирішенню поставленої проблеми може модернізація існуючих водопровідних споруд та застосування нових технологій водопідготовки. У статті проілюстровано конструктивні схеми водозабірно-очисних споруд берегового й руслового типу, застосування яких дає можливість зменшити брудозатримувальне навантаження на головні очисні споруди, підвищити надійність захисту мальків риб та поліпшити екологічний стан водойм у місцях розташування водозаборів. Для ефективного видалення органічних речовин на водоочисних станціях доцільно застосовувати біореактори та контактні-прояснювальні фільтри. Такі рішення дозволяють не тільки збільшити продуктивність водоочисної станції, а й значно зменшити її будівельну вартість, спростити експлуатацію споруд і знизити річні експлуатаційні витрати.

**Ключові слова:** водозабірні споруди, поверхнєве водне джерело, водопостачання, водоочищення, біореактор, контактні-прояснювальні фільтри.

### ВСТУП

В Україні централізоване питне водопостачання, переважним чином, здійснюється з поверхневих водних джерел. Однак значне забруднення водойм та недостатньо ефективна робота очисних споруд створюють серйозну проблему, пов'язану зі складністю

отримання й подачі споживачам якісної питної води, оскільки від її вирішення залежить здоров'я людей і ступінь екологічної та епідемічної безпеки цілих регіонів [1-3].

Практично всі поверхнєві воли в Україні відчувають суттєвий вплив антропогенних факторів. Найбільшу небезпеку для джерел господарсько-питного водопостачання, як

правило, становлять: неочищені або недостатньо очищені стічні води господарсько-фекальної і промислової каналізації, які вміщують органічні забруднення, СПАР, іони важких металів; нафтопродукти, що систематично надходять з промислових майданчиків та територій міської забудови; зливні та талі води, які вміщують аналогічні види забруднень; поверхневий стік від майданчиків тваринницьких ферм та комплексів, а також ставків-накопичувачів відходів виробництва; змив із сільгоспугідь продуктів мінеральних добрив та отрутохімікатів, призначених для захисту рослин.

Низька якість води в поверхневих водоймах потребує від підприємств водопостачання нових концептуальних підходів щодо забезпечення споживачів якісною питною водою та застосування нових технологічних схем і споруд водопідготовки.

Питанням інтенсифікації процесів очищення природних вод та ресурсозбереження у водопровідній галузі присвятили свої роботи низка зарубіжних і вітчизняних вчених [4-8]. Результати досліджень сучасних ефективних методів водопідготовки розкрито у публікаціях [9-13]. Інноваційні підходи до поліпшення водозабезпечення і захисту довкілля, можливості очистки природних і доочищення стічних вод відображено у роботах [14-15]. Багато уваги стосовно аналізу характеристик забруднень поверхневих вод та їх видалення при водопідготовці, інтенсифікації процесів очищення води від розчинених у ній органічних речовин приділено в останніх публікаціях фахівців, що наведені у працях [16-20]. Разом з тим, важливою залишається задача не тільки підвищення ефективності очищення води до нормативних показників, а й зменшення навантаження на водоочисну станцію завдяки затриманню значної частини забруднень прямо у водному джерелі, що реалізується шляхом застосування водозабірно-очисних споруд.

## МЕТА І МЕТОДИ

Метою досліджень є порівняльний аналіз роботи водозаборів з поверхневих

джерел за різними схемами з урахуванням стану довкілля, обґрунтування доцільності застосування водозабірно-очисних споруд, біореакторів та контактено-прояснювальних фільтрів. Для досягнення поставленої мети використовували методи аналізу сучасних наукових досягнень у галузі водопідготовки, нових технічних рішень в конструюванні водопровідних споруд та новітніх розробок, призначених для впровадження на станціях водопостачання.

## РЕЗУЛЬТАТИ ТА ПОЯСНЕННЯ

Незважаючи на істотне скорочення водоспоживання, якість водних ресурсів в останні десятиліття має тенденцію до погіршення. Особливо складна ситуація спостерігається у басейнах річок Дніпро, Сіверський Донець, річок Приазов'я, а також окремих приток Західного Бугу, Дністра та північно-західної частини Чорноморського узбережжя. Дуже тривожним є те, що впродовж останніх років зросли не тільки рівні забруднення скидів стічних вод за окремими показниками, але й обсяги стічних вод, які скидаються взагалі без очистки через вихід з ладу каналізаційних очисних споруд (рис. 1).



**Рис. 1.** Зруйновані каналізаційні очисні споруди

**Fig. 1.** Destroyed sewage treatment plants

У багатьох населених пунктах України каналізаційні очисні споруди не пристосовані до прийому стічних вод з асенізаторних машин, оскільки залпові скиди

концентрованих стічних вод негативно впливають на роботу споруд біологічного очищення. А відтак неочищені стічні води скидаються у водойми, значно погіршуючи

екологічний стан довкілля та створюючи загрози для здоров'я і санітарного благополуччя людей (рис. 2).



**Рис. 2.** Скидання у водойму неочищених стічних вод  
**Fig. 2.** Discharge of untreated wastewater into the reservoir

За останніми узагальненими даними державного обліку водокористування [1] у 2019 році в поверхневі водні об'єкти було скинуто 5374 млн. м<sup>3</sup> стічних вод, у тому числі: підприємствами промисловості – 3478 млн. м<sup>3</sup>, житлово-комунальної галузі – 1473 млн. м<sup>3</sup> та підприємствами сільського господарства – 373,1 млн. м<sup>3</sup>. Із загального обсягу скинутих у водні об'єкти стічних вод забруднені складають 737,2 млн. м<sup>3</sup> (13,72%), нормативно-очищені – 1188 млн. м<sup>3</sup> (22,11 %), нормативно-чисті без очистки – 3285 млн. м<sup>3</sup> (61,13%) та шахтно-кар'єрні води, що не категоріюються – 164,3 млн. м<sup>3</sup> (3,06%). Разом із стічними водами до поверхневих водних об'єктів було скинуто 21,62 тис. тон завислих речовин, 224,9 тон нафтопродуктів, 5,863 тис. тон азоту амонійного, 46,75 тис. тон нітратів, 1,744 тис. тон нітритів, 178,1 тон СПАР, 385,3 тон заліза, 5708 тон фосфатів. Крім того, сумарний показник ХСК дорівнював 66,7 тис. тон та БСК – 17,64 тис. тон [1].

Таке техногенне навантаження на водні ресурси призводить до погіршення якості майже в усіх поверхневих водах країни і пов'язаних з ними підземних джерелах, а тому простежується тенденція до зростання питомої ваги проб води з водойм, що не відповідають нормам як за хімічними, так і за мікробіологічними показниками [1].

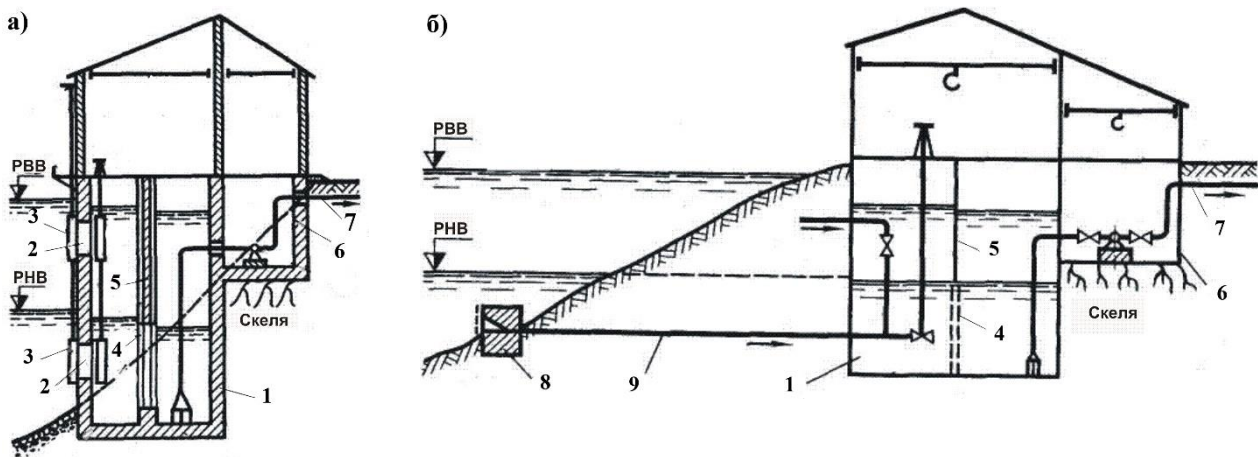
Негативно впливає на якість води і той факт, що поверхневі джерела України, в основному, зарегульовані, отже змінилися гідрохімічні та органолептичні показники, тому діючі станції водопідготовки, які побудовані за типовими проектами, не завжди можуть забезпечити потрібний ступінь доочистки в умовах дії більш жорстких нормативних вимог до якості водопровідної води. Це підтверджують дослідження низки лабораторних центрів, в тому числі науководослідної лабораторії кафедри водопостачання та водовідведення КНУБА, які показали, що якісні показники питної води після її очистки на міських водопровідних станціях у ряді випадків не відповідають вимогам нормативів для питної води. Так, за даними [1] у 2019 році територіальні лабораторні центри МОЗ здійснювали моніторингові дослідження на 20622 об'єктах централізованого водопостачання населення, які виявили, що на 38,2% об'єктах проби води не відповідали вимогам нормативного документу, у тому числі з комунальних водопроводів – 32,0%, сільських – 44,6%, відомчих – 40,1%, міжрайонних – 21,2%, локальних – 38,2%.

Для покращення ситуації потрібно оптимізувати роботу всіх ланок в системі водопостачання, починаючи від водозабірних споруд і закінчуючи водопровідними мережами, знижуючи або унеможливаючи

надходження забруднюючих речовин в систему.

Існуючі типові схеми водопостачання включають у свій склад окремо розташовані водозабірні та водоочисні споруди, де їх функції розмежовані. Водозабори призначені для забору розрахункових витрат води і затримання у джерелі великих плаваючих предметів, риби, крупних наносів, а на водоочисних спорудах ведуть підготовку води до якості, що має відповідати вимогам споживачів. При такому розмежуванні функцій крупні завислі речовини (пісок, мул, глина)

з розмірами частинок 0,001-1,0 мм можуть проходити через сітки, розташовані в берегових колодязях (рис. 3), і разом з водою насосами I-го підйому подаватись в напірний водовід та надходити на водоочисні споруди. Це призводить до абразивного спрацювання насосів і трубопроводів, а також замулення берегових колодязів, відстійників і фільтрів водоочисної станції, отже, виникає необхідність у періодичному очищенні та промиванні цих споруд з відносно великими витратами промивної води.



**Рис. 3.** Типові схеми берегового (а) і руслового (б) водозаборів: 1 – береговий колодязь; 2 – водоприймальне вікно; 3 – сміттєзатримуюча решітка; 4 – плоска знімна сітка; 5 – поперечна перегородка; 6 – насосна станція I-го підйому; 7 – напірний водовід; 8 – водоприймальний оголовок; 9 – самопливний трубопровід

**Fig. 3.** Typical schemes of coastal (a) and channel (b) water intakes: 1 – coastal well; 2 – water intake window; 3 – lattice for garbage detention; 4 – flat removable grid; 5 – transverse partition; 6 – pumping station of the first rise; 7 – pressure water pipe; 8 – water intake head; 9 – self-flowing pipeline

Затримати значну кількість забруднень ще на етапі забору води з поверхневого джерела вдається при використанні водозабірно-очисних споруд різних конструкцій.

Застосування в схемах водозаборів трубних фільтруючих оголовків (рис. 4.) дає можливість, з одного боку, захистити водоприймальні отвори від обмерзання глибинним льодом та закупорювання їх шугою, а з іншого – забезпечити попереднє очищення води від наносів і крупних завислих речовин.

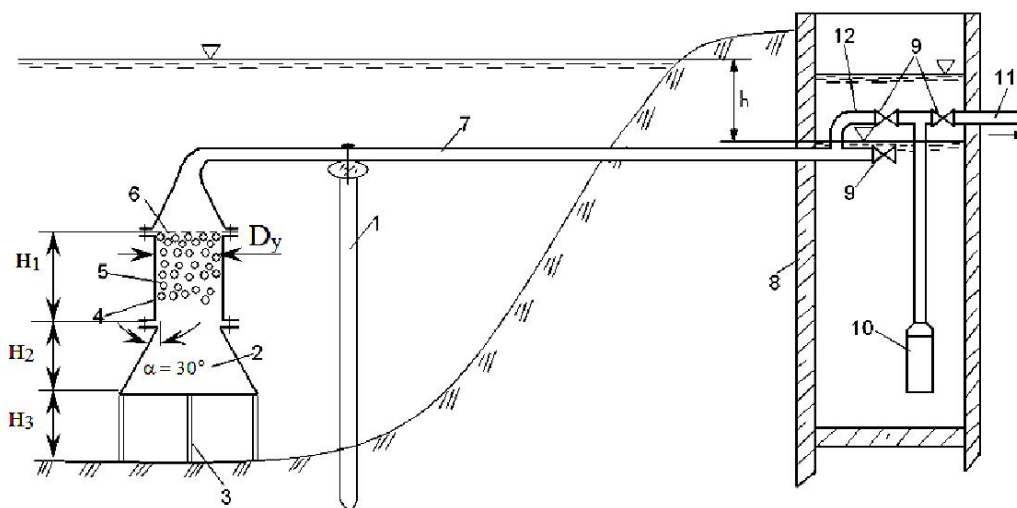
Вода з поверхневого джерела через нижню розтрубну частину водоприймача 2, вхідний отвір якого розташовують

горизонтально, надходить всередину кожуха 4, де фільтрується, проходячи крізь плаваюче завантаження зі спіненого полістиролу 5. Для запобігання виносу завантаження у береговий колодязь у верхній частині кожуха натягується утримуюча сітка 6.

Під час фільтрування води у трубному оголовку відбувається її освітлення. Завдяки малим вхідним швидкостям руху води крупні завислі речовини поступово накопичуються, а далі під дією сили тяжіння можуть частково випадати в осад та виноситися течією ріки. Попередньо освітлена вода самопливним трубопроводом надходить у береговий колодязь 8, а звідти насосами 10

подається для подальшого її очищення або використання. По мірі накопичення забруднень у фільтрувальному завантаженні 5 втрати напору збільшуються і в разі досягнення їх критичного значення необхідно здійснити промивку системи. Для цього воду подають у зворотному напрямку по промивному трубопроводу 12, а далі по самопливному трубопроводу 7. Під час промивки фільтрувальне завантаження 5

розширюється, а завислі речовини, які накопичились у ньому, легко виштовхуються промивною водою з кожуха 4 і виносяться річковою течією. Після промивки фільтрувального завантаження знову відновлюється період забору води з поверхневого джерела і надходження її у береговий колодязь. Вода рухається по самопливному трубопроводу 7 завдяки різним рівнів води у водному джерелі та береговому колодязі.



**Рис. 4.** Схема руслового водозабору з трубним фільтруючим оголовком: 1 – пальова опора; 2 – розтруб; 3 – стійки; 4 – кожух; 5 – плаваюче фільтрувальне завантаження; 6 – утримуюча сітка; 7 – самопливний трубопровід; 8 – береговий колодязь; 9 – засувки; 10 – заглибний насос; 11 – напірний трубопровід; 12 – промивний трубопровід

**Fig. 4.** Scheme of channel water intake with a pipe filter head: 1 – pile support; 2 – pipe socket; 3 – racks; 4 – casing; 5 – floating filter loading; 6 – holding grid; 7 – self-flowing pipeline; 8 – coastal well; 9 – latches; 10 – submersible pump; 11 – pressure pipeline; 12 – flushing pipeline

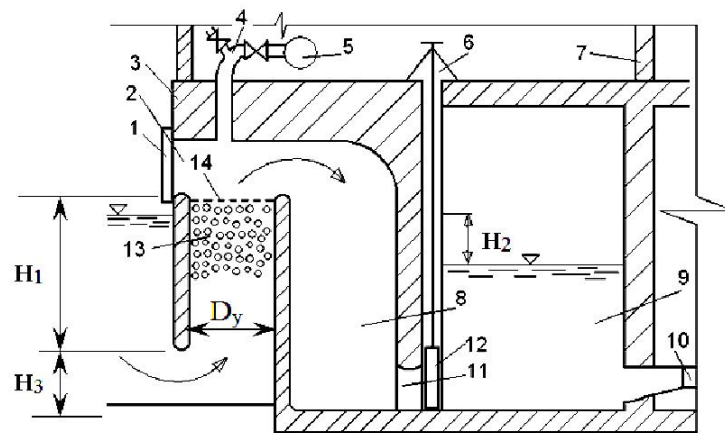
Забезпечити кращий порівняно з типовою конструкцією захист від надходження забруднень з водного джерела, а отже поліпшити якість вихідної води, яка подається на станцію водопідготовки, можна і в схемах водозаборів берегового типу. Так, наприклад, при реконструкції берегових водозабірних споруд може бути використана схема берегового сифонно-фільтруючого водозабору (рис. 5).

До складу такої водозабірно-очисної споруди входять водоприймальний сифон 8 та приймально-всмоктувальна камера 9, над якими розташований службовий павільйон 7. Зверху висхідної лінії сифону 8 влаштовують фільтр з легким плаваючим фільтрувальним завантаженням 13 із гранул спіненого

полістиролу, що утримується від виносу у водоприймальний сифон за допомогою сітки 14. Перед пуском водозабору в експлуатацію, необхідно заглушкою 1 герметично закрити оглядове вікно 2 та заповнити водою низхідну лінію сифона 8. Для цього закривають шиберами 12 вікно на виході з сифону 11, а далі відкривають засувку на трубопроводі 4 і за допомогою вакуум-насоса відкачують повітря з сифону, заповнюючи його водою. Вихідна вода, рухаючись знизу догори через висхідну лінію сифона, проходить крізь фільтрувальне завантаження 13 і заряджає сифон. При заповненні водою всього сифону засувку на тубі 4 закривають, шиберами 12 піднімають, а далі сифон працює в автоматичному режимі.

Приймально-всмоктувальну камеру 9 використовують для накопичення попередньо освітленої води. З неї по всмоктувальному

трубопроводу 10 вода забирається і насосами I-го підняття подається на станцію водопідготовки для подальшого очищення.



**Рис. 5.** Схема берегового сифонно-фільтруючого водозабору: 1 – заглушка; 2 – оглядове вікно; 3 – береговий водоприймач; 4 – трубопровід до вакуум-насоса; 5 – промивний трубопровід; 6 – колонка для управління роботою шибера; 7 – службовий павільйон; 8 – водоприймальний сифон; 9 – приймально-всмоктувальна камера; 10 – всмоктувальний трубопровід; 11 – вікно на виході з сифону; 12 – шибер; 13 – плаваюче фільтрувальне завантаження; 14 – утримуюча сітка

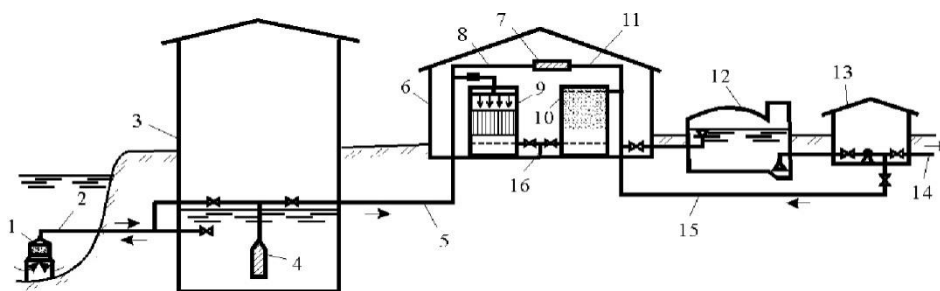
**Fig. 5.** Scheme of coastal siphon-filtering water intake: 1 – cap; 2 – viewing window; 3 – shore water intake; 4 – pipeline to the vacuum pump; 5 – flushing pipeline; 6 – column to control the operation of the gate; 7 – service pavilion; 8 – water intake siphon; 9 – receiving and suction chamber; 10 – suction pipe; 11 – window at the exit of the siphon; 12 – gate; 13 – floating filter load; 14 – holding grid

У процесі фільтрування води через плаваюче завантаження 13 відбувається поступове накопичення забруднень, що концентруються, головним чином, у нижній його частині. Гідравлічний опір руху води зростає, а отже, знижується рівень води у камері 9 на величину втрат напору у фільтрі. При досягненні цих втрат граничних меж необхідно здійснювати промивку фільтра зворотним рухом води. Для цього шибером 12 перекривають вікно на виході з сифону 11 і відкривають засувку, розташовану на промивному трубопроводі 5. При промивці плаваюче завантаження 13 розширюється, а накопичені у ньому забруднення легко виштовхуються промивною водою назад у річку та виносяться її течією. Слід враховувати, що висхідна лінія сифону 8 повинна мати достатню висоту, щоб при розрахунковій інтенсивності промивки фільтрувального

завантаження воно, розширюючись, не виходило за межі сифону і не було його втрат. Після промивки секцію водоприймача знову підключають до роботи.

Аналізуючи роботу системи водопостачання за типовими схемами водозаборів та з використанням водозабірно-очисних споруд, можна зробити висновок, що попереднє видалення завислих речовин із вихідної води безпосередньо у водному джерелі дає можливість не тільки збільшити продуктивність водоочисної станції, а й значно зменшити її будівельну вартість, спростити експлуатацію споруд і знизити річні експлуатаційні витрати.

Інтенсифікувати процеси видалення з поверхневих вод органічних забруднень можна завдяки використанню на головній водоочисній станції біореакторів та контактно-прояснювальних фільтрів (рис. 6).



**Рис. 6.** Технологічна схема споруд для забору і очищення води з поверхневих джерел: 1 – фільтруючий оголовок; 2 – самопливний трубопровід; 3 – береговий колодязь; 4 – заглибний відцентровий насос; 5 – подача води на очищення; 6 – водоочисна станція; 7 – реагентний цех; 8 – подача реагентів для коагуляції води; 9 – біореактор; 10 – контактний прояснювальний фільтр; 11 – подача реагентів для знезараження води; 12 – РЧВ; 13 – насосна станція; 14 – подача води споживачам; 15 – подача води на промивку фільтрів; 16 – каналізаційна труба

**Fig. 6.** Technological scheme of structures for intake and purification of water from surface sources: 1 – filter head; 2 – self-flowing pipeline; 3 – coastal well; 4 – submersible centrifugal pump; 5 – water supply for purification; 6 – water treatment plant; 7 – reagent shop; 8 – supply of reagents for water coagulation; 9 – bioreactor; 10 – contact clarifying filter; 11 – supply of reagents for water disinfection; 12 – clean water tank; 13 – pumping station; 14 – water supply to consumers; 15 – water supply for washing filters; 16 – sewer pipe

Основними елементами такої схеми є водозабір з фільтруючим оголовком, береговим колодязем і заглибним відцентровим насосом, водоочисна станція з біореакторами, контактнo-прояснювальними фільтрами і реагентним цехом, а також резервуари чистої води (РЧВ), насосна станція II-го підняття та система трубопроводів із відповідною запірною арматурою, що забезпечує нормальну експлуатацію споруд при різних режимах.

При висхідному русі води через фільтруючий оголовок 1 з плаваючим завантаженням відбувається її попереднє очищення. Далі вода по самопливному трубопроводу 2 надходить в береговий колодязь 3, а звідти заглибним відцентровим насосом 4 по трубопроводу 5 подається на водоочисну станцію 6 з біореактором 9 та контактнo-прояснювальним фільтром 10, де звільняється від забруднень, знезаражується і накопичується в РЧВ. Підготовлену для використання воду насосна станція II-го підняття 13 по трубі 14 подає споживачам.

Фільтрувальне завантаження біореакторів виконують з волокнистих матеріалів, наприклад, капрону у вигляді "Вій", натягуючи джгути між колосниковими решітками, а завантаження контактних прояснювальних фільтрів влаштовують з гранул

спіненого полістиролу марок, що дозволені МОЗ України для використання в системах питного водопостачання.

Завдяки застосуванню біореакторів і контактнo-прояснювальних фільтрів при очищенні води, де використовуються процеси аерації, біосорбції, коагуляції та осідання забруднень під дією сил гравітації, вдається інтенсифікувати роботу водоочисної станції та зменшити собівартість питної води.

## ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

Сучасний екологічний стан поверхневих водних джерел та підвищені вимоги до якості водопровідної води вимагають модернізації споруд водопостачання та удосконалення технологій водопідготовки. Застосування водозабірнo-очисних споруд дозволяє затримати значну частину завислих речовин прямо у водному джерелі, зменшуючи навантаження на водоочисні станції, підвищити надійність захисту мальків риб, знизити вартість споруд водопідготовки та обробки осаду, поліпшити екологічний стан водойм у місцях розташування водозабору. Використання біореакторів та контактнo-прояснювальних фільтрів на водоочисних станціях дає змогу інтенсифікувати роботу системи водопостачання та зменшити собівартість отримання води питної якості.

## ЛІТЕРАТУРА

1. **Національна доповідь про якість питної води та стан питного водопостачання в Україні у 2019 році.** Міністерство розвитку громад та територій України, ДП «НДКТИ МГ», Київ, 2020. 349 с.
2. **Хоружий В. П., Василюк А. В., Недашковський І. П.** Аналіз стану поверхневих водних джерел в басейні річок Дніпро і Дністер та шляхи вирішення проблеми забезпечення населення доброякісною водою // Вісник ОДАБА, 2018. Вип. 70. С.138-144.
3. **Хоружий В. П.** Сучасний стан водних ресурсів та їх раціональне використання // Проблеми водопостачання, водовідведення та гідраліки, КНУБА. 2014. Вип. 24. С. 264-269.
4. **Mahmoud E. A., Mohamed A. M. G., Farrag A. E. H. A. Aboeldahb S. A. M.** Evaluation of the most promising techniques overcoming the algal problems takes place during the purification of drinking water. *Environmental Science and Pollution Research*, 2021, 28, 44239–44248.
5. **Li W., Liu M., Siddique M. S., Graham N., Yu W.** Contribution of bacterial extracellular polymeric substances (EPS) in surface water purification. *Environmental Pollution*, Volume 280, 1 July 2021, 116998.
6. **Душкин С. С. Благодарная Г. И.** Разработка научных основ ресурсосберегающих технологий подготовки экологически чистой питьевой воды. Х.: ХНАГХ, 2009. 95 с.
7. **Хоружий П. Д., Хомуцька Т. П., Хоружий В. П.** Ресурсозберігаючі технології водопостачання. К: Аграрна наука, 2008. 534 с.
8. **Журба М. Г.** Водочистные фильтры с плавающей загрузкой. М., 2011. 536 с.
9. **Caltran I., Heijman S. G. J., Shorney-Darby H. L., Rietveld L. C.** Impact of removal of natural organic matter from surface water by ion exchange: A case study of pilots in Belgium, United Kingdom and the Netherlands. *Separation and Purification Technology* Volume 247, 2020, 116974.
10. **Lou Y., Zhang S., Zhu T.** Research on the current situation of ultrafiltration combined process in treatment of micro-polluted surface water. *E3S Web of Conferences*, 2020. 194.
11. **Jurchevsky E. B., Pervov A. G.** Potentialities of Membrane Water Treatment for Removing Organic Pollutants from Natural Water. *Thermal Engineering*, 2020, 67, 484–491.
12. **Grossi Luiza B., Alvim Clara B., Alvares Cecilia M. S., Martins Mateus F., Amaral Miriam C. S.** Purifying surface water contaminated with industrial failure using direct contact membrane distillation. *Separation and Purification Technology*, Volume 233, 15 February 2020, 116052.
13. **Rohini Singh, Suman Dutta.** Current Approaches of Nanotechnology for Potential Drinking Water Purification. *Handbook of Research on Emerging Developments and Environmental Impacts of Ecological Chemistry*, 2020. P. 18.
14. **Хомуцька Т., Хоружий В., Андреев В., Нор В.** Очистка природных і доочищення стічних вод на гідроавтоматичній установці в локальних водопроводах // Проблеми водопостачання, водовідведення та гідраліки, 2019, вип. 32. С. 51-58.
15. **Хоружий В. П.** Інноваційні підходи до поліпшення водозабезпечення і захисту довкілля / Актуальні проблеми енерго-ресурсозбереження та екології. Матеріали міжнародної конференції ОДАБА, 2017.
16. **Zhai Y., Liu G., van der Meer W. G. J.** One-step reverse osmosis based on riverbank filtration for future drinking water purification. *Engineering*, 2021.
17. **Ghamary E., Mohajeri J.** Efficiency of *Cyperus alternifolius*, *Typha latifolia*, and *Juncus inflexus* in the removal of nitrate from surface water. *Journal of Water Supply: Research and Technology-Aqua*, 2021, 70 (5): 654–664.
18. **Sun S., Jiang T., Lin Y., Song J., Zheng Y., An D.** Characteristics of organic pollutants in source water and purification evaluations in drinking water treatment plants. *Science of The Total Environment*, Volume 733, 1 September 2020, 139277.
19. **Meng F., Ju B., Zhang S., Tang B.** Nano/microstructured materials for solar-driven interfacial evaporators towards water purification. *Journal of Materials Chemistry A*, 2021.
20. **Khettaf S., Khouni I., Louhichi G., Ghrabi A., Bousselmi L., Bouhidel K.-E., Bouhelassa M.** Optimization of coagulation–flocculation process in the treatment of surface water for a maximum dissolved organic matter removal using RSM approach. *Water Supply* (2021) 21 (6): 3042–3056.

## REFERENCES

1. **Ministerstvo rozvytku hromad ta terytoriyi Ukrainy (2020).** *Natsional'na dopovid' pro yakist' pytynoi vody ta stan pytneho vodopostachannya v Ukraini u 2019 rotsi*. Kyiv: DP «NDKTI MH» [in Ukrainian].
2. **Khoruzhyy, V. P., Vasylyuk, A. V., Nedashkovs'ky, I. P. (2018).** Analiz stanu poverkhnevyykh vodnykh dzherel v baseyni richok



Dnipro i Dnister ta shlyakhy vyrishennya problemy zabezpechennya naselelnyya dobroyakisnoy vodoyu. *Visnyk ODABA*, 70. 138-144. [in Ukrainian].

3. **Khoruzhyy, V. P. (2014).** Suchasnyy stan vodnykh resursiv ta yikh ratsional'ne vykorystannya. *Problemy vodopostachannya, vodovidvedennya ta hidravliky*, 24. 264-269. [in Ukrainian].

4. **Mahmoud, E. A., Mohamed, A. M. G., Farrag, A. E. H. A., & Aboeldahb, S. A. M. (2021).** Evaluation of the most promising techniques overcoming the algal problems takes place during the purification of drinking water. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 44239–44248. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-13674-3>

5. **Li, W., Liu, M., Siddique M. S., Graham N., & Yu W. (2021).** Contribution of bacterial extracellular polymeric substances (EPS) in surface water purification. *Environmental Pollution*, 28, 116998. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.116998>

6. **Dushkyn, S. S., & Blahodarnaya, H. Y. (2009).** *Razrabotka nauchnykh osnov resursoberehayushchykh tekhnolohiy pidhotovky ekolohychesky chystoy pyt'evoy vody*. Kharkiv: KHNAHKH. [in Russian].

7. **Khoruzhyy, P. D., Khomutets'ka, T. P., Khoruzhyy, V. P. (2008).** *Resursozberihayuchi tekhnolohiyi vodopostachannya*. Kyiv: Ahrarna nauka. [in Ukrainian].

8. **Zhurba, M. H. (2011).** *Vodoochystni fil'try z plavayuchoyu zahruzkoju*. Moscow: Nauchnoe yzdanye. [in Russian].

9. **Caltran, I., Heijman, S. G. J., Shorney-Darby, H. L., & Rietveld, L. C. (2020).** Impact of removal of natural organic matter from surface water by ion exchange: A case study of pilots in Belgium, United Kingdom and the Netherlands. *Separation and Purification Technology*, 247, 116974. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2020.116974>

10. **Lou, Y., Zhang, S., & Zhu, T. (2020).** Research on the current situation of ultrafiltration combined process in treatment of micro-polluted surface water. *E3S Web of Conferences*, 194. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202019404041>

11. **Jurchevsky, E. B., & Pervov, A. G. (2020).** Potentialities of Membrane Water Treatment for Removing Organic Pollutants from Natural Water. *Therm. Eng.* 67, 484-491. <https://doi.org/10.1134/S0040601520070095>

12. **Grossi, L. B., Alvim, C. B., Alvares, Cecilia M. S., Martins, M. F., & Amaral, M. C. S. (2020).** Purifying surface water contaminated with

industrial failure using direct contact membrane distillation. *Separation and Purification Technology*, 233, 116052. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2019.116052>

13. **Singh, R., & Dutta, S. (2020).** Current Approaches of Nanotechnology for Potential Drinking Water Purification. *Handbook of Research on Emerging Developments and Environmental Impacts of Ecological Chemistry*, 18. <https://doi.org/10.4018/978-1-7998-1241-8.ch014>

14. **Khomutetska, T., Khoruzhy, V., Andreev, V., & Nor V. (2019).** Purification of natural and waste water using a hydro-automatic plant in local water supply systems. *Problems of water supply, drainage and hydraulics*, 32. 51-58. <https://doi.org/10.32347/2524-0021.2019.32.51-58>

15. **Khoruzhy, V. P. (2017).** Innovatsiyni pidkhody do pokrashchennya vodozabezpechennya ta zakhystu dovkillya. *Materialy mizhnarodnoyi konferentsiyi ODABA*. <http://mx.ogasa.org.ua/handle/123456789/5260> [in Ukrainian].

16. **Zhai, Y., Liu, G., & van der Meer, W. G. J. (2021).** One-step reverse osmosis based on riverbank filtration for future drinking water purification. *Engineering*. <https://doi.org/10.1016/j.eng.2021.02.015>

17. **Ghamary, E., & Mohajeri, J. (2021).** Efficiency of *Cyperus alternifolius*, *Typha latifolia*, and *Juncus inflexus* in the removal of nitrate from surface water. *Journal of Water Supply: Research and Technology-Aqua*, 70(5): 654–664. <https://doi.org/10.2166/aqua.2021.103>

18. **Sun, S., Jiang, T., Lin, Y., Song J., Zheng, Y., & An, D. (2020).** Characteristics of organic pollutants in source water and purification evaluations in drinking water treatment plants. *Science of The Total Environment*, 733, 139277. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139277>

19. **Meng, F., Ju, B., Zhang, S., & Tang, B. (2021).** Nano/microstructured materials for solar-driven interfacial evaporators towards water purification. *Journal of Materials Chemistry A*, 9, 13746-13769. <https://doi.org/10.1039/D1TA02202D>

20. **Khettaf, S., Khouni, I., Louhichi, G., Ghrabi, A., Bouselmi, L., Bouhidel, K.-E., & Bouhelassa, M. (2021).** Optimization of coagulation–flocculation process in the treatment of surface water for a maximum dissolved organic matter removal using RSM approach. *Water Supply*, 21(6): 3042–3056. <https://doi.org/10.2166/ws.2021.070>

## **Modernization of water supply systems from surface sources**

*Victor Khoruzhy, Tetiana Khomutetska, Igor Nedashkovskiy*

**Abstract.** Surface water bodies, which are sources of drinking water supply, receive a significant amount of pollution from wastewater. This negatively affects the ecological condition of water resources and poses a threat to the health and sanitary well-being of the population. The main pollutants of surface sources are: sewage of economic-fecal and industrial sewage, which contain organic pollutants, surfactants, heavy metal ions; oil products coming from industrial sites and urban areas; effluents from livestock farms and storage ponds of production waste; washing of mineral fertilizers and pesticides from agricultural lands. Adjustment of surface springs additionally affects the deterioration of water quality in them. Therefore, existing water treatment technologies may not always provide the required degree of drinking water purification. According to monitoring studies, more than 38% of water samples taken at centralized water supply facilities did not meet regulatory requirements. This situation encourages the search for ways that would create conditions for more efficient operation of water supply systems. Modernization of existing water supply facilities and application of new water treatment technologies can help solve the problem. The article illustrates constructive schemes of shore and channel water intake and treatment facilities, the use of which makes it possible to reduce the dirt retention load on the main treatment facilities, increase the reliability of fish fry protection and improve the ecological condition of reservoirs at water intake sites. For effective removal of organic matter at water treatment plants, it is advisable to use bioreactors and contact-clarifying filters. Such solutions allow not only to increase the productivity of the water treatment plant, but also significantly reduce its construction cost, simplify the operation of facilities and reduce annual operating costs.

**Key words:** water intake structure, surface water source, water supply, water purification, bioreactor, contact-clarifying filter.

*Стаття надійшла до редакції 12.11.2021*