

---

# ЕКОЛОГІЯ ТА ЕКОНОМІКА ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

---

УДК 574.3:574.5: 614.7:658.512.8

DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2023.eco.5-50.1>

## ОСНОВИ ВОДОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕРИТОРІЙ З ДЕФІЦИТОМ ВОДНИХ РЕСУРСІВ З УРАХУВАННЯМ ПРИНЦИПІВ РАЦІОНАЛЬНОГО ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ (НА ПРИКЛАДІ КОБЛІВСЬКОЇ ОТГ)

Бондар О.І.<sup>1</sup>, Загороднюк К.Ю.<sup>1</sup>, Третяков С.В.<sup>2</sup>, Загороднюк Ю.В.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління  
вул. Митрополита Василя Липківського, 35, корп. 2, 03035, м. Київ

<sup>2</sup>Громадська організація «Український союз промисловців і підприємців»  
вул. Хрещатик, 34, 01001, м. Київ

<sup>3</sup>Громадська організація «Фонд розвитку водоочисних технологій»  
пр. Визволителів, 1, 02125, м. Київ

На прикладі Коблівської об'єднаної територіальної громади (ОТГ) Миколаївської області України, керуючись можливостями існуючих на сьогодні найефективніших доступних технологій, запропоновано комплекс заходів, природоохоронна складова яких є необхідною умовою формування сталого водозабезпечення територій з дефіцитом водних ресурсів. Їх розроблення здійснюється за принципом раціонального природокористування на основі соціо-еколого-економічної оцінки. Природоохоронні заходи/технології сталого водозабезпечення територій передбачають певні дії в процесі основного виробничого циклу, зокрема: раціональний відбір, підготовку та подачу кінцевому споживачу води належної кількості та якості, а також окремі заходи компенсаторні – очистка стічних, промивних вод перед повторним їх використанням чи скидом у природний водний об'єкт.

Упровадження комплексу природоохоронних заходів/технологій, запропонованих в праці, є необхідною умовою водозабезпечення територій з дефіцитом водних ресурсів з дотриманням принципів раціонального природокористування.

Використання технологій водопостачання та водовідведення, природоохоронна складова яких є недостатньою, призводить до порушення кліматичної нейтральності території/населеного пункту.

За результатами соціо-еколого-економічної оцінки водопостачання та водовідведення населених пунктів Коблівської ОТГ та проведених досліджень визначено перелік найбільш перспективних технологічних рішень, що забезпечують ефективне використання наявних природних ресурсів та сприяють сталому розвитку територій з дефіцитом водних ресурсів.

Зазначено, що використання обладнання, препаратів, реагентів, засобів тощо, які традиційно застосовуються у технологічних циклах водопідготовки, очистки стічних вод, не завжди гарантує раціональне природокористування та кліматичну нейтральність.

Обґрунтовано, що запропоновані найефективніші доступні технології оборотного водопостачання та водовідведення здатні ефективно забезпечувати поліпшення якості питної та очищеної стічної води, оптимізувати водокористування, зменшити або ліквідувати дефіцит води господарсько-питного та технологічного призначень. *Ключові слова:* дефіцит водних ресурсів, ефективні природоохоронні заходи, соціо-еколого-економічна оцінка, стале водозабезпечення, раціональне природокористування, кліматична нейтральність, Коблівська ОТГ, найкращі доступні технології, відновлення дебіту водних свердловин, рециркуляція, стабілізаційна обробка, магнітна сепарація, переробка та зневоднення шламів і осадів стічних та промивних вод.

### **Basics of territories with water resources deficiency water supply taking into consideration principles of rational nature management (on the example of Koblivska UTC). Bondar O., Zahorodniuk K., Tretiakov S., Zahorodniuk Yu.**

Complex of measures, on the example of Koblivska united territorial community (UTC) of Mykolaiv Region, Ukraine, based on the capabilities of the best available today technologies is proposed, the environment protective component of this complex is necessary condition for sustainable water supply of territories with water resources deficiency.

Effective environment protection measures are developed on the principles of rational nature management basing on their socio-ecology-economic assessment. Environment protection measures/technologies of sustainable water supply of the territory include measures of the main production cycle, such as: rational intake, processing and final consumer supply by water of appropriate quantity and quality, and compensatory measures, such as: treatment of waste, wash waters before reusing or releasing into natural water body object.

Implementation of environment protection measures/technologies complex proposed in this article is mandatory condition for territories with water resources deficiency water supply in compliance with principles of rational nature management.

Implementation of water supply and waste water disposal/discharge technologies, the environment protection component of which is insufficient, leads to violation of climatic neutrality of the territory/settlement.

Basing on the results of water supply and waste water disposal/discharge of Koblivska UTC settlements socio-ecology-economic assessment and conducted researches, list of the most promising technological solutions was determined, which ensure effective use of available natural resources and contribute to sustainable development of the territory with water resources deficiency.

It is shown that application of equipment, preparations, reagents, means etc., which are traditionally used in technological cycles of water purification and wastewater treatment, does not always guarantee rational nature management and climate neutrality.

It is substantiated that proposed best available technologies of circulating water supply, waste water disposal are capable for effective quality improving of drinking water and treated wastewater, water use optimization, reducing or eliminating the deficiency of water for household-drinking and technological purposes. *Key words*: water resources deficiency, effective environment protection measures, socio-ecology-economic assessment, sustainable water supply, rational nature management, climate neutrality, Koblivska UTC, best available technologies, rehabilitation of water wells' debit, recirculation, stabilization treatment, magnetic separation, dewatering and disposal of sewage and washing waters sludge.

**Постановка проблеми, актуальність.** Визначені і встановлені в цивілізованих країнах світу правила поведінки людини і суспільства в природному середовищі прийнято називати раціональним природокористуванням.

Дотримання принципів раціонального природокористування є основою розвитку суспільства, який не можливий без сталого водозабезпечення.

При цьому, основні завдання, що мають вирішуватися в частині водопостачання та водовідведення мають бути спрямовані на досягнення сталого водозабезпечення населених пунктів та кліматичної нейтральності території.

З огляду на це, в даній праці основну увагу приділено обґрунтуванню об'єднання у комплекс із достатньою природоохоронною складовою найефективних доступних технологічних рішень на основі їх соціо-еколого-економічної оцінки [1, 2, 3].

**Аналіз існуючого стану (на прикладі Коблівської ОТГ).** Коблівська об'єднана територіальна громада (далі – Коблівська ОТГ) була утворена 13 вересня 2016 року, шляхом об'єднання чотирьох сільських рад Березанського району Миколаївської області. До складу громади в 2016 році увійшли населені пункти: с. Коблеве (адміністративний центр громади), с. Бессарабка, с. Виноградне, с. Глибоке, с. Лугове, с. Морське, с. Новофедорівка, с. Рибаківка, с. Українка, с. Федорівка [4].

Згідно з Розпорядженням КМУ від 15 квітня 2020 р. № 480-р «Про затвердження перспективного плану формування територій громад Миколаївської області» та Перспективного плану об'єднання територіальних громад в 2020 році до Коблівської ОТГ віднесено Тузлівську та Анатоліївську сільські ради [4].

Коблівська ОТГ розташована в південно-західній частині Миколаївської області, її територія є нерозривною, межі визначаються по зовнішніх межах юрисдикції рад територіальних громад, що об'єдналися у 2016 р. та були віднесені до у 2020 р. [4].

Площа в межах населених пунктів: 3 151,3 га.

Площа за межами населених пунктів: 38474,4 га.

Чисельність зареєстрованого населення громади – 8981 особа.

Чисельність постійно проживаючого населення – 7505 осіб.

Кількість населених пунктів у складі громади – 12.

Коблівська ОТГ межує з:

– на півночі – Березанська ОТГ Миколаївської області;

– на півдні – узбережжя Чорного моря;

– на заході – Лиманський район Одеської області;

– на сході – Березанська ОТГ Миколаївської області [4].

Територія Коблівської ОТГ розташована у степовій зоні. Рельєф переважно рівнинний та посічений неглибокими балками. За фізико-географічним районуванням територія знаходиться у межах Дністровсько-Бузької області Причорноморської низовини і відноситься до Очаківського прилиманного фізико-географічного району. Територія відноситься до Причорноморської провінції зони посушливих степів і характеризується спекотним літом, холодною малосніжною зимою, нерівномірним розподілом опадів по місяцях та сильними вітрами [4, 5].

Керуючись вищевикладеним метою дослідження стало визначення найефективніших доступних технологій, необхідних для сталого водозабезпечення територій з дефіцитом водних ресурсів та подальшим формуванням комплексу технологічних рішень із достатньою природоохоронною складовою, імплементація та подальше використання на постійній основі яких дозволить досягти сформульованих цілей.

**Матеріали та методи.** Для досягнення мети нами були використані наступні методи: бібліографічний метод аналізу наукової інформації, хімічні, фізико-хімічні, електрохімічні, технологічні, статистичні методи досліджень.

Дослідження складу та властивостей вод проводили відповідно до загальноприйнятих методик [6, 7].

Для визначення технологічних параметрів свердловин нами були використані загальноприйняті технологічні методи.

Статистичне оброблення отриманих даних у серіях дослідів здійснювалася методом непрямих різниць [8].

**Результати та їх обговорення.** Централізоване водопостачання та водовідведення населених пунктів Коблівської ОТГ здійснює Комунальне підприємство «Коблівський сількомунгосп» Коблівської сільської ради (далі – КП «Коблівський сількомунгосп») [4].

КП «Коблівський сількомунгосп» видобуває підземні води для забезпечення господарсько-побутових потреб населення, здійснення господарської

діяльності організацій, підприємств, підприємців Коблівської ОТГ: село Коблеве (адміністративний центр громади), села: Бессарабка, Виноградне, Глибоке, Лугове, Морське, Новофедорівка, Рибаківка, Українка, Федорівка та села: Анатоліївка, Тузли, в яких проживає 7505 осіб, функціонує 70 організацій та підприємств, а також на виробничі потреби комунального господарства [4].

В основному житловий фонд Коблівської ОТГ складається з приватного сектору (кількість дворів – 4440). Є централізоване водопостачання (кількість абонентів – 3224, довжина мереж – 76,1 км). Централізоване водовідведення є лише в селі Коблеве (кількість абонентів – 1212, довжина мереж – 22 км). Головна каналізаційна насосна станція знаходиться в селі Коблеве за адресою: вул. Миколаївська, 3; Каналізаційні очисні споруди – при селі Лугове.

Побутові відходи вивозять з населених пунктів тракторами на загальнозональне звалище твердих побутових відходів, що діє неподалік с. Лугове.

Місцевість, де розташовані свердловини КП «Коблівський сількомунгосп» відноситься до краєвої частини Причорноморського артезіанського басейну. Експлуатаційним водоносним горизонтом є верхніх Сарматський, експлуатуємо родовище підземних питних і технічних вод – Коблеве-Рибаківське. Живлення водоносного горизонту здійснюється за рахунок інфільтрації атмосферних опадів та надходження вод з вище та нижче залягаючих горизонтів через «гідралічні вікна». Водоносний горизонт захищений від поверхневого забруднення. Вода експлуатуємого Коблеве-Рибаківського родовища підземних питних і технічних вод видобута з використанням артсвердловин перед подачею у водорозподільчі мережі не проходить жодної обробки (не передбачене ні знезараження, ні очищення, ні де-/ремінералізація). Є тенденція до зниження дебіту артсвердловин. Водорозподільчі мережі у всіх населених пунктах не закріплені.

Всі проби (зразки) вод принципово можна розділити на дві групи: такі, що відповідають вимогам ДСанПіН 2.2.4–171–10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» за сухим залишком (до 1000 мг/дм<sup>3</sup>) та ті, що не відповідають вимогам ДСанПіН 2.2.4–171–10 за цим показником (сухий залишок 1000–1500 мг/дм<sup>3</sup> і більше). Проблемними показниками якості вод з окремо взятих свердловин (за даними досліджень складу та властивостей проб (зразків) води з свердловин, що водопостачають населені пункти Коблівської ОТГ, випробувальними лабораторіями Держпродспоживслужби) також є вміст хлоридів, вміст сульфатів, загальна жорсткість, вміст загального заліза. В окремо взятих випадках спостерігається недопустима ступінь обміненія води водопровідних мереж мікроорганізмами різних груп.

Визначено, що всі проби (зразки) води є нестабільними, мають підвищену корозійну агресив-

ність, що сприяє погіршенню якості води під час її транспортуванні, особливо застарілими сталевими водопровідними мережами кінцевим споживачам, а також пришвидшеному руйнуванню та виходу з ладу санітарної техніки, електрочайників, пральних та посудомийних машин тощо.

Після відстоювання прозорість декантованої частини проб (зразків) води з окремо взятих свердловин збільшується, що свідчить про наявність у їх складі домішок, які впливають на її оптичну щільність та здатні до осідання з плином часу, що є підставою для імплементації технологій на основі коагуляції-флокуляції, аб-/адсорбції на сорбентах (у окремо взятих виключних випадках) для доведення якості води з них до вимог ДСанПіН – у 2.2.4–171–10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» за органолептичними та санітарно-токсикологічними показниками.

Буріння нових свердловин для заміни старих із зниженим/недостатнім дебітом та незадовільною якістю води не тільки не вирішує проблеми, але і створює нові, оскільки свердловини, що не експлуатуються починають забезпечувати надходження у водний горизонт найрізноманітніших забруднювачів. Окрім того, буріння і облаштування нової свердловини доволі витратна процедура.

Використання мембранних технологій в промислових масштабах недопустимо збільшує об'єми дефіцитної води, що має бути видобута (піднята), унеможливує повторне використання концентрату (при експлуатації абсолютно всіх установок на основі мембранних технологій утворюється постійно і в значних (співставних з об'ємами очищеної води) кількостях) у будь-який прийнятний в реаліях Коблівської ОТГ спосіб.

Таким чином, підвищення дебіту свердловин, якість води з яких відповідає вимогам ДСанПіН-у 2.2.4–171–10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» за фізико-хімічними показниками, знезараження водопідйомного обладнання та конструкцій цих свердловин, є єдиним прийнятним способом вирішення питання.

Для відновлення дебіту свердловин сьогодні в світі використовують різні групи методів, які дозволяють звільнити від коагулянтів фільтр та префільтрову зону, що і забезпечує збільшення їх дебіту, але при цьому якість води після застосування всіх цих методів не змінюється, або навіть погіршується.

Найбільш прийнятним способом відновлення свердловин буде той, який забезпечить не лише достатню кількість води, тобто відновлення дебіту, але і підвищить її якість. Однією з таких є нова технологія відновлення свердловин, яка полягає у подачі через технологічний отвір (тобто без демонтажу оголовку свердловини, що необхідно практично для всіх інших відомих технологій) у двох різних режимах розрахункових кількостей розчинів суміші оксидантів (наприклад, реагентів групи GO<sub>2</sub>), суміші

антикорозійно-стабілізаційних комплексоутворювачів і лігандів різної ємності (наприклад, препаратів групи СПС-6 (типу SeaQuest)) та води альтернативного джерела.

Технологія добре випробувана в умовах України. Результати випробувань на прикладі свердловини у м. Вишневому Київської області, що експлуатується ДКП «Вишнівськводоканал», наведено далі. Свердловина облаштована класично та введена в експлуатацію у 1982 році. Глибина свердловини – 47,5 м, дебіт на момент введення в експлуатацію становив 24 м<sup>3</sup>/годину, загальний солеміст складав 277 мг/дм<sup>3</sup>, загальна жорсткість – 4,3 мг-екв/дм<sup>3</sup>, заліза у воді виявлено не було. Встановлено, що дебіт свердловини до її відновлення становив 4,8 м<sup>3</sup>/годину, після відновлення за запропонованою технологією – склав 10,2 м<sup>3</sup>/годину, тобто збільшився в два рази. Після скиду у каналізацію 240 м<sup>3</sup> води із цієї свердловини, залишків хлору у воді не виявлено, її якість достовірно ( $p < 0,01$ ) поліпшилася за показниками загального солемісту та вмісту заліза і цілком відповідала вимогам ВООЗ, а вимогам ДСанПіН за всіма показниками, окрім загальної жорсткості (склала 12,7 мг-екв/дм<sup>3</sup>) – дивись зведену таблицю якості води до та після відновлення за запропонованою технологією свердловини з якої її видобувають.

На думку авторів, підтвердити одержані результати можна тим, що під час застосування даної технології відновлення свердловин відбувається не лише звільнення від кольматантів фільтру та профільтрової зони, але і промивка водоносного пласту.

Успішні відновлення свердловин з використанням цієї технології було проведено і в інших областях України та встановлено, що вона забезпечує гарантоване підтримання задовільної фільтруючої здатності водоносних пластів. Нами також було доведено, що дана технологія є неефективною лише у разі депресії водоносного горизонту, що відкриває можливість застосування технології не лише для відновлення свердловин, а і для оцінки живлення водоносних горизонтів: якщо після застосування технології не відбулося збільшення дебіту свердловини, то це означає що кількість води, яка надходить з зон живлення є меншою за необхідну (у випадку територій

з дефіцитом водних ресурсів, надходження води до яких забезпечується в тому числі і системами каналів, – недостатня подача води у штучно створену мережу каналів).

При організації водопостачання та водовідведення територій з дефіцитом водних ресурсів з урахуванням раціонального використання водних та земельних ресурсів перевагу слід надати переходу до поворотного водозабезпечення із створенням технічних водойм, інтегральному поєднанню ініціального водопостачання, подальшого підживлення із свердловин з основними об'ємами водопостачання по суті «з поверхневого джерела» (штучного), з використанням технології «НЕОТРОН» [9], а також каналізаційних очисних споруд з вбудованим біореактором, магнітною сепарацією, переробкою та зневодненням шламів і осадів стічних та промивних вод, контролем недопущення засолення або технологію повного циклу очищення SST – «Seasonal sewage treatment».

Етапність впровадження обумовлюється умовами кожного населеного пункту.

Технологія каналізаційних очисних споруд на основі гнучких резервуарів заводського виготовлення SST включає повний цикл очищення стічних вод: анаеробну очистку в метантенках (технологія ефективного отримання біогазу із органічної фракції промислових та комунальних стічних вод SEFITMI – «Smart environmental friendly integrated technology of methanogenesis intensification and biofuel generation from organic fraction of municipal and industrial wastes»), аеробну очистку в аеротенках (технологія напірної аерації), переробку дигестату та надлишкового активного мулу за вибором замовника в органічні добрива та ґрунтосуміші, або в додатковий біогаз шляхом магнітного зневоднення та грануляції з наступною газифікацією методом піролізу та біоконверсією отриманого сингазу в метан.

Гнучкі резервуари заводського виготовлення, монтуються на попередньо підготовлених площадках (проекування, підготовка площадки, виготовлення резервуарів та обладнання, монтаж та підключення займають від 3 до 6 місяців без урахування часу на проведення державної експертизи). Складовими технології SST є:

Таблиця 1

Зведена таблицю якості води до та після відновлення свердловини з якої її видобувають

| №  | Найменування показників якості води | Одиниці вимірювання    | Значення показників, n=3 |                   |
|----|-------------------------------------|------------------------|--------------------------|-------------------|
|    |                                     |                        | До відновлення           | Після відновлення |
| 1. | Загальний вміст розчинених солей*   | мг/дм <sup>3</sup>     | 701±1                    | 668±1             |
| 2. | Загальна жорсткість**               | мг-екв/дм <sup>3</sup> | 12,8±0,1                 | 12,7±0,15         |
| 3. | Вміст загального заліза*            | мг/дм <sup>3</sup>     | 0,62±0,02                | 0,19±0,01         |
| 4. | Вміст двохвалентного заліза*        | мг/дм <sup>3</sup>     | 0,09±0,01                | 0,02±0,01         |
| 5. | Вміст реактогенних фосфатів**       | мг/дм <sup>3</sup>     | 1,25±0,02                | 1,26±0,02         |

Примітки: \*  $p < 0,01$ ; \*\*  $p > 0,05$ .



- 1) Метантенки на основі гнучких резервуарів;
- 2) Аеротенки на основі гнучких резервуарів та ежекторних аераторів;
- 3) Магнітні сепаратори-гранулятори надлишкового анаеробного мулу;
- 4) Газифікатори зневодного та гранульованого анаеробного та аеробного надлишкового активного мулу з отриманням сингазу;
- 4) Біологічні конвертори сингазу в метан на основі ежекторних аераторів;
- 5) Коагулянт залізовмісний із магнітними властивостями;
- 6) Флокулянт із знезаражуючими властивостями;
- 7) Біоорганічні каталізатори типу Еко-Каталіст для інтенсифікації метаногенезу та видалення запахів;
- 8) Біологічні регенератори типу Оксидол для інтенсифікації деамонізації, зменшення енерговитрат на аерацію та зменшення кількості надлишкового активного мулу в аеротенках.

Споруди займають мінімальну територію, з урахуванням відсутності запаху не потребують значної зони санітарної охорони. Основні технологічні процеси на спорудах автоматизовані і не потребують постійної присутності обслуговуючого персоналу. В міжсезоння можливе зберігання гнучких резервуарів у згорнутому вигляді в складських приміщеннях або на відкритих площадках.

Застосування технології SEFITMI дозволяє повністю утилізувати побічні продукти очистки стічних вод (первинний осад, анаеробний та аеробний надлишковий активний мул) шляхом перетворення їхніх органічних компонентів в сингаз та біогаз, що дозволяє отримувати близько 380 кВт-годин на 100 кг ХСК (звичайний метаногенез дає приблизно 190 кВт-годин на 100 кг ХСК), зменшувати ХСК стічних вод перед аеротенком з 400–500 мг/дм<sup>3</sup> до 50–80 мг/дм<sup>3</sup>, що, в свою чергу, дозволяє комунальному підприємству досягти кліматичної нейтральності за рахунок переробки органічних відходів без викидів речовин із високим потенціалом глобального потепління (вартість скорочення викидів парникових газів в Європі складає 54 Євро за тону в перерахунку на CO<sub>2</sub>), та отримувати дохід за рахунок використання біогазу для технологічних потреб.

Отриману після очистки воду можна використовувати для поворотного водопостачання, на полив тощо.

Витрати на зведення КОС на основі гнучких резервуарів заводського виготовлення в цілому менші на 25–30% витрат на будівництво або реконструкцію традиційних КОС (за рахунок зменшення капітальних витрат).

Експлуатаційні витрати менші на 20–30%.

Вводиться в експлуатацію черги вищеописаних очисних споруд можуть поетапно, забезпечивши спочатку прийом стоків з вигрібних ям, а потім і повноцінне централізоване водовідведення.

При організації водопостачання з поверхневих джерел з використанням класичних головних споруд водопроводів у більшості випадків відсутня можливість утилізації промивних вод шляхом повернення їх у «головний вузол» водоочисних споруд без погіршення якості підготовленої води, через що щодобово від 5 до 20% виробничої потужності водоочисних споруд у вигляді забруднених промивних вод скидається до водного джерела, що з одного боку помітно зменшує кількість дефіцитної питної води, а з іншого – різко погіршує екологічний стан водного джерела.

Дослідження показали, що корінного покращення ефективності роботи споруд першого ступеня очищення, в яких протікають процеси коагуляції-флокуляції, що завершуються формуванням пластівців, можна досягти тільки у випадку, коли формування зазначених пластівців буде відбуватися в режимі контактної коагуляції, для якого характерне утворення пластівців із високою гідравлічною крупністю.

Найпростішим шляхом забезпечення режиму контактної коагуляції на двоступеневих водоочисних спорудах є безперервна рециркуляція пластівців по спеціально створеному «внутрішньому контуру». Це досягається шляхом технічного переоснащення споруд першого ступеня очищення спеціальними пристроями, так званими рециркуляторами із рециркуляцією осаду, що утворюється в процесі коагуляції та накопичується в освітлювачах чи відстійниках, по «внутрішньому контуру». Таке технічне переоснащення не потребує зміни висотної схеми водоочисних споруд, а тому, може бути реалізоване без значних капіталовкладень [10], а кількість питної води, що може бути подана кінцевим споживачам збільшиться на 5–20%.

Таке технічне рішення вперше в світовій практиці водоочищення забезпечило можливість реалізації контактної коагуляції в два етапи. На першому етапі мінеральні та органічні домішки, що мають бути видалені із води в процесі взаємодії з гідроксидом коагулянту адсорбуються на поверхні контактного середовища, яке утворюється. Процес адсорбції повністю завершується на другому етапі, коли утворене контактне середовище взаємодіє із раніше утвореними пластівцями, які знаходяться у завислому шарі [11].

Було доведено, що використання коагулянтів, флокулянтів, порошкоподібних природних та модифікованих сорбентів для вилучення з води, що проходить очистку, забруднювачів, в тому числі і специфічних, при забезпеченні рециркуляції осаду, що утворюється в процесі коагуляції та накопичується в освітлювачах чи відстійниках, по «внутрішньому контуру», є набагато ефективнішим, ніж у разі використання класичних технологій [12].

Технологія реалізована і у модульних пересувних водоочисних установках МП-ВОС-5000 контейнерного типу потужністю від 50 м<sup>3</sup> до 5000 м<sup>3</sup> на добу на базі гнучких резервуарів.

Оброблена на головних спорудах водопроводів знесолена чи зібрана опадова вода за даними [13] є корозійно агресивною. Використання ж видобутої з свердловин чи колодязів на територіях з дефіцитом водних ресурсів води з високим солемістом та підвищеною жорсткістю обмежується суто з господарсько-побутової точки зору (утворення накипу на елементах водонагрівальних пристроїв, погане омилання миючих засобів тощо), проте не з медичної точки зору (експерти ВООЗ вважають, що наявні дані не дозволяють визначити обґрунтовані з позиції впливу на здоров'я людини як мінімальні, так і максимальні значення загальної жорсткості питної води, а нормування загальної жорсткості питної води в різних країнах світу відбувається, зважаючи на споживацькі, економічні та операційні позиції). З огляду на це, перед використанням чи подачею у мережу таких вод варто проводити їх стабілізаційну обробку.

За даними доступних літературних джерел, найбільш ефективно одночасно здатні забезпечити контроль корозії та утворення відкладень і використовуються у понад 34-х країнах світу препарати групи СПС-6 (типу Sea-Quest) [14].

Аналіз результатів, проведених авторами в Україні численних досліджень, в тому числі промислових, показав, що при обробці води препаратом групи СПС-6 (типу Sea-Quest) вміст основних катіонів та аніонів суттєво не змінюється, окрім залишкового вмісту  $\text{PO}_4^{3-}$ , який достовірно ( $p < 0,01$ ) підвищується на 0,2-1,64 мг/дм<sup>3</sup> в залежності від дози препарату. Обробка питної води розрахунковими дозами препарату групи СПС-6 (типу Sea-Quest) у поєднанні з хлоруванням води дозволяє запобігти погіршенню якості води за хіміко-органолептичними (запобігає перетворенню безбарвних сполук двовалентного заліза у забарвлені сполуки трьохвалентного заліза тощо), санітарно-токсикологічними (запобігає утворенню тригалометанів у водорозподільчій мережі тощо), мікробіологічними (запобігаючи витратам активного хлору на окислення розчинених у воді хімічних сполук та внутрішніх стінок трубопроводу, зберігає його концентрацію на більш високих рівнях та потенціє проникнення хлору у цитоплазму бактерій тощо) показниками безпеки та одночасно уникнути корозійного зносу трубопроводів, утворення нових відкладень та здійснювати очищення внутрішньої поверхні трубопроводів від попередніх забруднень.

Застосування препарату групи СПС-6 (типу Sea-Quest) на постійній основі дозволяє попереднє вторинне забруднення питної води, що подається кінцевим споживачам, а стабілізаційна обробка питної води може бути рекомендована як один із заходів поліпшення її якості.

Зважаючи на недостатність водних ресурсів належної якості на території Коблівської ОТГ, аграрний напрямок діяльності, інші особливості, стає

актуальним питання повторного використання господарсько-побутових та сільськогосподарських стічних вод, які слід розглядати як вторинну сировину з якої можна отримувати воду на полив та добрива чи енергетичну сировину. Поряд з гравітаційними силами існують і інші сили, які можна ефективно використовувати для відділення дисперсної фази стічних/промивних вод від власне води. Такими є магнітні сили. Показано, що додавання магнітних речовин в якості баластних домішок до складу пластівців, які утворюються при обробці стічних вод, дозволяє не лише їх магнітного осадження, але й істотно зменшує вологості осадів, що з них утворюються під дією статичного магнітного поля. Окрім того, такі осади набувають яскраво виражених гідрофобних властивостей, що проявляється спонтанним відділенням води з плином часу без будь-якого додаткового зовнішнього впливу. Таке рішення легко технічно реалізується та масштабується, що відкриває широкі перспективи використання методу магнітної сепарації для очистки стічних вод. Застосування магнітних матеріалів та полів для процесів очистки стічних вод є ефективним інструментом, що дозволяє досягти майже 100% видалення зважених часток, а відтак вкрай ефективно відділяти воду від органічних та мінеральних речовин, що розкладаються при нагріванні, термостійких неорганічних речовин тощо на будь-якому з етапів обробки.

Поєднання описаних вище технологічних рішень, найкращих доступних технологій, дозволяє запропонувати комплекс заходів, природоохоронна складова якого повністю відповідає основним принципам раціонального природокористування, які обов'язково враховуються під час розробки/модернізації систем водопостачання та водовідведення населених пунктів, а саме:

- пріоритетність екологічної оптимальності, яка щорічно враховує в тому числі і циклічність інтенсивності процесів в екосистемах залежно від сонячної активності;
- прийнятний рівень споживання природних ресурсів, що не може коливатися / збільшуватися більше ніж на 2–7% у рік (залежно від ресурсу, ареалу, фази сонячної активності);
- збереження цілісності природних систем у процесі їхнього господарського використання;
- збереження природно зумовленого кругообігу речовин у процесі антропогенної діяльності;
- відповідність антропогенного навантаження природно-ресурсному потенціалові регіону.

**Висновки та рекомендації.** Результати проведених оцінок та досліджень дають підстави стверджувати, що концепція сталого водозабезпечення територій з дефіцитом водних ресурсів з урахуванням раціонального природокористування має передбачати:

1. Забезпечення збільшення дебіту та поліпшення якості підземних вод методом хімічної промивки та

знезараження водоносних пластів, водопідйомних конструкцій та обладнання свердловин. Зазначено, що використання описаної у даній статті технології підвищує дебіт свердловин у разі та істотно поліпшує ефективність видобування.

2. Унеможливлення вторинного забруднення води, запобігання формуванню у водорозподільчих мережах відкладень, мінімізацію кількості аварій, зменшення корозійного зносу водопровідних мереж, збільшення строку служби санітарної техніки, пральних машин, водонагрівного обладнання, електрочайників, шляхом використання на постійній основі технології стабілізаційної обробки води, що подається у водорозподільчі мережі.

3. Поетапне впровадження технології повного циклу очищення стічних вод SST. Показано, що впровадження технології SST – «Seasonal sewage treatment» не потребує капітальних витрат на будівництво; отриману після очистки воду можна використовувати для поворотного водопостачання – на полив тощо; можливе поетапне введення в експлуатацію черг споруд із забезпеченням спочатку прийому стоків з вигрібних ям, а потім – і повноцінного централізованого водовідведення.

4. Організацію оборотного водопостачання. Показано, що спрямування отриманої після очистки з використанням технології SST води у штучно створені «поверхневі джерела» з подальшим її накопиченням і вилученням на господарсько-питні потреби з попередньою водопідготовкою, що передбачає рециркуляцію пластівців, утворених в процесі коагуляції-флокуляції по «внутрішньому контуру», збільшує кількість питної води, яка може подаватися кінцевим споживачам, на 5–20%, а у разі спрямування води з штучно створених «поверхневих джерел» без

попереднього очищення безпосередньо на полив відкриває, в свою чергу, дає змогу збільшення площі та підтримання біорізноманіття зон зелених насаджень пансіонатів, баз відпочинку тощо.

Імплементация висвітлених у праці технологій з формуванням запропонованого комплексу із достатньою природоохоронною складовою забезпечить стале водозабезпечення Коблівської громади.

Як наслідок, впровадження запропонованого комплексу в повній мірі та на постійній основі забезпечить фізіологічні та побутові потреби населення Коблівської ОТГ у воді належної якості та відповідної кількості, що гарантує дотримання в тому числі і безпекових потреб як індивідуальних, так і екологічних. Терміни експлуатації наявних водопідйомних конструкцій свердловин, водорозподільчих мереж, а також насосного обладнання збільшаться, а витрати на їх експлуатацію – зменшаться, що здешевить у кінцевому рахунку собівартість водопостачання та водовідведення. Функціонування локальних каналізаційних очисних споруд дозволить уникнути існуючі обмеження розвитку господарської діяльності. Досягнута інфраструктурна автономність у частині водозабезпечення дасть змогу, в тому числі, і подальшого аграрного, рекреаційного, промислового розвитку Коблівської ОТГ, що забезпечить задоволення соціальних потреб, а кліматична нейтральність – змогу претендувати на рівноправність громади серед європейських. Отже, доведено, що запропонований комплекс повною мірою враховує соціо-еколого-економічні складові раціонального природокористування та розв'яже найліпші доступні технологічні рішення з достатньою природоохоронною складовою.

#### Література

1. World Clim. Global Climate and Weather Data : веб-сайт. URL: <https://www.worldclim.org/data/index.html> (дата звернення : 14.09.2023).
2. Xiaodan Guan, Jianping Huang, Yanting Zhang, Yongkun Xie and Jingjing Liu. (2016) The relationship between anthropogenic dust and population over global semi-arid regions / Atmos. Chem. Phys., 16, 5159–5169, 2016. URL: [www.atmos-chem-phys.net/16/5159/2016/](http://www.atmos-chem-phys.net/16/5159/2016/) doi:10.5194/acp-16-5159-2016
3. Progress on Drinking Water and Sanitation – 2014 update / WHO Press, World Health Organization, UNICEF Report, 67 p. URL: [https://issuu.com/unicefpublicationsnewyork/docs/jmp\\_report\\_2014\\_webeng](https://issuu.com/unicefpublicationsnewyork/docs/jmp_report_2014_webeng) (дата звернення : 14.09.2023).
4. Офіційний веб-сайт Коблівської об'єднаної територіальної громади (Миколаївська обл., Миколаївський район) : веб-сайт. URL: <https://www.worldclim.org/data/index.html> (дата звернення : 14.09.2023).
5. Звіт з оцінки впливу на довкілля. Будівництво комплексу берегоукріплюючих споруд для поліпшення стану морської акваторії та благоустрою узбережжя с. Коблево, Березанського району, Миколаївської області. Одеса: ПП НПВО «Еко Консалт Груп», 2018 р., 169 с.
6. Drinking water. Methods of analysis. Official Standards' publish house; 1974: 195 p. (Інформація та документація).
7. ДСанПіН 2.2.4-171-10. Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною. Із змінами, внесеними згідно з Наказами Міністерства охорони здоров'я від 18.02.2022 № 341. (Інформація та документація).
8. Antomonov M.Yu. Mathematical processing and analysis of medical and biological data : Kyiv, 2006. 558 p.
9. Про першочергові заходи з відновлення і модернізації систем водопостачання територій, що постраждали внаслідок воєнних дій (на прикладі ліквідації наслідків надзвичайної ситуації воєнного характеру на Каховській ГЕС) / О.І. Бондар, К.Ю. Загороднюк, М.Г. Новіков, Ю.В. Загороднюк та ін. Науково-практичний журнал «Екологічні науки» 2023. № 4(49). С. 7–14.
10. Geec V.M. Strategy of water supply in large region development by means of savings of available water, financial and material resources (on the example of Crimea Autonomous Republic / V.M. Geec, Yu.G. Lysenko, V.N. Andrienko, V.G. Bardov,

Yu.V. Zagorodnyuk et al. Матеріали науково-практичної конференції «Вода та довкілля» IV Міжнародного Водного Форуму «AQUA UKRAINE – 2006». Київ, 2006. С. 143–144.

11. Загороднюк К.Ю. Гігієнічне обґрунтування можливих шляхів розвитку систем централізованого господарсько-питного водопостачання в Україні. Науковий вісник Національного медичного університету імені О.О.Богомольця. 2010. № 27. С. 122.
12. Загороднюк К.Ю. Гігієнічна оцінка використання природних та модифікованих сорбентів у новій технології очистки поверхневих вод для централізованого господарсько-питного водопостачання : автореф. дис. канд. мед. наук : 14.02.01 / К. Ю. Загороднюк; МОЗ України, Нац. мед. ун-т ім. О.О. Богомольця. К., 2012. 24 с.
13. Zagorodniuk K., Bardov V., Omelchuk S., Zagorodnyuk Yu., Pelo I. Ukraine's population water supply: nowadays realities and ecologically-hygienic assessment of possible ways of branch's development / K. Zagorodniuk, V. Bardov, S. Omelchuk [et al.] International scientific periodical journal "The unity of science". Vena (Austria), 2015. P. 193–202.
14. Zagorodniuk K., Bardov V., Omelchuk S., Zagorodnyuk Yu., Pelo I. Hygiene of water and water supply: science, practice, enlightenment work and teaching activity in the Ukraine at the modern stage of its development / K. Zagorodniuk, V. Bardov, S. Omelchuk [et al.] Materials of International scientific-practical congress of pedagogues, psychologists and medics "Driven to discover". – Geneva (Switzerland), 2015. P. 189–199.