

УДК 504:725.85

DOI 10.36910/775.24153966.2022.73.6

С.В. Зозуля

Денне відділення будівельного факультету, Промислове та цивільне будівництво
Київський державний технічний університет будівництва і архітектури .

Інженер –будівельник, ПП «Сервіс Підряд» технічний директор

ORCID : 0000-0003-3812-3818

МЕХАНІЗМИ ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ЗАМКНЕНОГО ЦИКЛУ ВИКОРИСТАННЯ ВОДИ В УМОВАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЛЬОДОВОГО КАТКА

У статті розкрито механізми впровадження технології замкненого циклу використання води в умовах експлуатації льодового катка. Обґрунтовано економічну складову з точки зору ресурсозбереження, використання технології замкненого циклу використання води. Наголошено, що замкнений цикл використання води в умовах експлуатації льодового катка – це система промислового водопостачання та водовідведення, в якій багаторазове використання води під час формування та обслуговування льодового покриття здійснюється без скидання стічних та інших вод у природні водойми / каналізацію, тощо. Зазначається, що утворення льодового покриття здійснюється шляхом заливання води, яка пройшла багаторівневе очищення від домішок та розчинених газів під час реалізації головних стадій очищення: попереднього очищення води – для видалення грубих домішок, а також частини сполук хлору, розчиненого заліза та органіки; отримання очищеної води – відбувається практично повне очищення води від усіх солей та інших сполук та здійснюється її пом'якшення; глибоке очищення води – дозволяє видалити розчинені гази і домішки, що залишилися. Наведено схему повторного використання води при виробництві льоду для льодового спортивного майданчика, технологічний процес має наступні основні етапи: вода з центрального водопроводу надходить на установку очищення та пом'якшення; через патронний фільтр, проходячи через теплообмінник вода переміщається у бак гарячої води; використовуючи насос вода подається на арену для заливання льодового покриття; талая вода отримана з льодової стружки надходить у ємність змішування звідки насосом перекачується на початок циклу водо підготовки. Підкреслено, що реалізація даної технології призведе до підвищення ефективності виробництва та зниження економічного навантаження. Розроблено схему установки очищення води повторного використання. Наголошено, що талая вода отримана з льодової стружки має низьку концентрацію домішок, тому може бути використана повторно за потребою. Прийнято, що ємність для змішування на початку використання містить воду з водопроводу, яка насичена різними компонентами. Оскільки концентрація компонентів постійно змінюється (в залежності від ступеню очищення води, пори року, особливостей місцевого водопостачання, тощо), для визначення граничного рівня концентрації домішок у роботі запропоновано математичну складову, яка дозволить вирахувати необхідну ступінь очищення води повторного використання для більш якісного кінцевого продукту.

Ключові слова: замкнений цикл, водопостачання, льодова арена, спортивний майданчик, технологія, механізм, експлуатація.

С.В. Зозуля

МЕХАНИЗМЫ ВНЕДРЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ЗАМКНУТОГО ЦИКЛА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДЫ В УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЛЕДОВОГО КАТКА

В статье раскрыты механизмы внедрения технологии замкнутого цикла использования воды в условиях эксплуатации ледового катка. Обоснована экономическая составляющая с точки зрения ресурсосбережения, использование технологии замкнутого цикла использования воды. Отмечено, что замкнутый цикл использования воды в условиях эксплуатации ледового катка – это система промышленного водоснабжения и водоотвода, в которой многократное использование воды при формировании и обслуживании ледового покрытия осуществляется без сброса сточных и других вод в природные водоемы/канализацию и т.д. Отмечается, что образование ледового покрытия осуществляется путем заливки воды, которая прошла многоуровневую очистку от примесей и растворенных газов при реализации главных стадий очистки: предварительная очистка воды – для удаления грубых примесей, а также части соединений хлора, растворенного железа и органики; получение очищенной воды – происходит практически полное очищение воды от всех солей и других соединений и осуществляется ее смягчение; глубокая очистка воды – позволяет удалить растворенные газы и оставшиеся примеси. Приведена схема повторного использования воды при производстве льда для ледовой спортивной площадки, технологический процесс имеет следующие основные этапы: вода из центрального водопровода поступает на установку очистки и смягчения; через патронный фильтр, проходя через теплообменник, вода перемещается в бак горячей воды; используя насос вода подается на арену для заливки ледового покрытия; Талая вода полученная из ледовой стружки поступает в емкость смешивания откуда насосом перекачивается до начала цикла водоподготовки. Подчеркнуто, что реализация данной технологии приведет к повышению эффективности производства и снижению экономической нагрузки. Разработана схема установки очистки воды повторного использования. Отмечено, что талая вода, полученная из ледовой стружки, имеет низкую концентрацию примесей, поэтому может быть использована повторно по необходимости. Принято, что емкость для смешивания в начале использования содержит воду из водопровода, которая насыщена разными компонентами. Поскольку концентрация компонентов постоянно меняется (в зависимости от степени очистки воды, времени года, особенностей местного водоснабжения и т.п.), для определения граничного уровня концентрации примесей в

работе предложена математическая составляющая, которая позволит вычислить необходимую степень очистки воды повторного использования для более качественного конечного продукта.

Ключевые слова: замкнутый цикл, водоснабжение, ледовая арена, спортивная площадка, технология, механизм, эксплуатация.

S. V. Zozulia

MECHANISMS OF INTRODUCTION OF THE TECHNOLOGY OF THE CLOSED CYCLE OF USE OF WATER IN THE CONDITIONS OF OPERATION OF AN ICE RINK

The article reveals the mechanisms of introduction of closed cycle water use technology in the conditions of ice rink operation. The economic component in terms of resource conservation, the use of closed cycle technology of water use is substantiated. It is emphasized that the closed cycle of water use in the conditions of ice rink operation is a system of industrial water supply and drainage, in which repeated use of water during the formation and maintenance of ice is carried out without discharging wastewater and other water into natural reservoirs / sewers, etc. It is noted that the formation of ice cover is carried out by pouring water that has undergone multi-level purification of impurities and dissolved gases during the main stages of purification: pre-purification of water - to remove coarse impurities and chlorine, dissolved iron and organic compounds; obtaining purified water - there is almost complete purification of water from all salts and other compounds and its softening; deep water purification - allows you to remove dissolved gases and impurities. The scheme of water reuse in the production of ice for the ice sports ground is given, the technological process has the following main stages: water from the central water supply enters the installation of purification and softening; through the cartridge filter, passing through the heat exchanger water moves to the hot water tank; using a pump, water is fed to the arena to fill the ice cover; melt water obtained from ice chips enters the mixing tank from where the pump is pumped to the beginning of the water treatment cycle. It is emphasized that the implementation of this technology will increase production efficiency and reduce the economic burden. The scheme of the reusable water treatment plant has been developed. It is emphasized that melt water obtained from ice chips has a low concentration of impurities, so it can be reused as needed. It is accepted that the mixing tank at the beginning of use contains tap water, which is saturated with various components. Since the concentration of components is constantly changing (depending on the degree of water purification, season, local water supply, etc.), to determine the maximum concentration of impurities in the work proposed a mathematical component that will calculate the required degree of recycling for better quality end product.

Key words: closed cycle, water supply, ice arena, sports ground, technology, mechanism, operation.

Вступ та постановка завдання. Побудова спортивних комплексів, модернізація існуючих та впровадження інноваційних технологій у виробничі процеси є пріоритетним напрямком сьогодення. Льодова арена являє собою складну інженерно-технічну будову, при експлуатації якої використовується багатофункціональне інженерне обладнання: кондиціонування, опалення, водопостачання, холодозабезпечення, вентиляція, електропостачання, тощо.

Покриття льодових катків має складну структуру, яка складається з багатьох шарів, кожен з яких виконує певну функціональну роль. Перший шар, який є найбільш тонким, необхідний для покращення ефекту ковзання, другий – для зменшення можливості деформації льодового покриття, також є шар основа та шар захисту. Льодове покриття, за технологічними параметрами, відрізняється одне від одного в залежності від виду спорту для якого використовується.

Найбільший вплив на якість спортивного льоду здійснює ступінь очищення води та її якісні показники. А використання технології замкненого циклу використання води є економічно вигідним з точки зору ресурсозбереження.

Замкнений цикл використання води в умовах експлуатації льодового катку – це система промислового водопостачання та водовідведення, в якій багаторазове використання води під час формування та обслуговування льодового покриття здійснюється без скидання стічних та інших вод у природні водойми / каналізацію, тощо.

Так, при проектуванні нового об'єкту льодового катку важливим аспектом є передбачення замкненого циклу використання води з метою скорочення витрат води та дотримання екологічних вимог. До технологічних завдань на стадії проведення науково-дослідних робіт при проектуванні льодового катку, варто віднести: льодовий каток повинен бути максимально безвідходним; підприємство повинно бути економічно вигідним; обов'язковою умовою є комплексна переробка сировини, з метою ресурсозбереження використання вторинної сировини; в залежності від складу технологічних вод, повинні бути передбачені способи переробки та утилізації; залежно від особливостей технології виробництва має бути визначено оптимальне місце введення технологічної стічної води у технологічному ланцюзі виробництва льоду та відпрацьовано режим періодичного розмикання замкненого циклу, використовуючи для цього зворотну або технічну воду та зберігаючи максимальні виходи льоду.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Публікації стосовно застосування технології замкненого циклу використання води в різних умовах експлуатації є популярним напрямком досліджень на протязі останніх 20-ти років.

Так, низка авторів підійшли до розгляду принципів циркулярної економіки направленої на підвищення рівня якості українського майбутнього в умовах глобалізації [1]. Авторами проаналізовано досвід зарубіжних країн у даному питанні. У роботі підкреслено, що циркулярна економіка дозволяє компаніям менше думати про закупівлі сировини, так як через певний період використання його знову можна запустити у виробничий процес.

В. М. Штепа [2] розглянув передумови розробки критерію енергоефективності електротехнологічних систем водоочистки, запропоновано відповідний аналітичний вираз, розраховано його значення на реальному об'єкті. Автором розв'язано науково-прикладну проблему в галузі екологічної безпеки, яка полягає в розробленні методів удосконалення науково-теоретичних засад управління екологічною безпекою технологій промислового водоочищення зі зменшенням ризиків виникнення надзвичайних ситуацій та врахуванням вимог енергоефективності, що сприятиме дотриманню нормативів шкідливих впливів на довкілля.

Удосконаленню існуючої технологічної схеми очистки стічних вод гальванічних цехів підприємств вугільного машинобудування на основі їхнього доочищення методом іонного обміну присвячено роботу [3]. У роботі запропоновано на завершальному етапі очищення стічних вод встановити іонообмінні фільтри, що значно знижує вміст сполук важких металів та інших забруднюючих речовин до нормативів якості води, що дозволяє створити на виробництві систему замкненого водообороту, тобто повернути до 95% доочищеної води на власні виробничі потреби (приготування розчинів і електролітів, промивні операції тощо).

Дослідження [4] присвячене практичним аспектам впровадження технологій та інновацій в Україні в умовах розвитку зеленої, ресурсоефективної економіки.

Н. Ширяєва [5] дослідила стратегічні орієнтири управління підприємствами водопостачання та водовідведення. Авторкою обґрунтовано необхідні заміни застарілого обладнання на підприємствах водопостачання та водовідведення. На сторінках роботи розкрито доцільності та змістовність автоматизації технологічних процесів на підприємствах водопостачання та водовідведення. Обґрунтовано врахування особливостей технологій підйому, очищення, подачі, розподілу та використання води при розробці автоматизованої системи управління технологічними процесами водозабезпечення.

У статті [6] розглянуті питання та умови раціонального використання води в оборотній системі водопостачання з урахуванням втрат води на прикладі коксохімічного підприємства. Наведений водний баланс доводять позитивний ефект від пропонованих технологічних рішень та показує скорочення скидання стічних вод і споживання свіжої технічної води на підприємстві.

О. С. Гетта, А. І. Аліфіренко та О. В. Шестопалов [7] розкрили шляхи підвищення екологічної безпеки шляхом повторного використання стічної води на підприємствах підкресливши, що для реалізації зазначеного заходу необхідно створення систем очищення води, які забезпечуватимуть якість очищення достатню, для повторного використання. Обґрунтування вибору методу очищення води конкретного підприємства залежить головним чином від складу забруднюючих її речовин і в кожному випадку потребує експериментальних досліджень ефективності використання конкретного методу очистки, видів та доз реагентів тощо.

Із зарубіжних авторів варто відзначити такі роботи як: Averina Julia [8], Teodosiu Carmen & Barjoveanu George & Sluser Brindusa & Popa (Ene) Simona [9], Teodosiu Carmen [10], Ziegler, D. & Hartig, Claudia & Wischnack, S. & Jekel, Martin [11], Voogt Wim [12], Pelorosso, R. & Gobattoni Federica & Leone Antonio [13], Istomin Eugene & Mikheev Valerii & Petrov Yaroslav & Martyn Irma [14], Prisciandaro Marina & Capocelli Mauro & Piemonte Vincenzo & Barba Diego [15], Skripko Ludmila & Skripko Anastasia [16], Schuur Johann & Spuhler Dorothee [17] та інші.

Проте, враховуючи описані наукові набутки, за темою, питання розкриття механізмів впровадження технології замкненого циклу використання води в умовах експлуатації льодового катка залишається відкритим та потребує детального опрацювання.

Постановка завдання. Розкрити механізми впровадження технології замкненого циклу використання води в умовах експлуатації льодового катка.

Викладення основного матеріалу дослідження. Сучасні інноваційні технології будівництва, роблять процес створення та впровадження льодових катків у експлуатацію не таким складним як раніше. Саме питання раціонального використання ресурсів дає змогу при возведенні

та проектуванні комунікацій притягнути інноваційні технології та здійснити мінімально збиткове виробництво та максимально ефективне використання ресурсів.

Льодові арени, як спортивні майданчики мають три глобальні відмінності від, наприклад, театрів або спортивних комплексів. Перша, та найголовніша відмінність це реалізація вимог до температурно-вологісного параметру, тобто обов'язковою умовою є створення комфортних умов для глядачів та підтримка умов нормального функціонування льодового покриття. Другою відмінністю виступає рішення питання забезпечення достатньої холодої потужності для створення даного льодового покриття. Та, третя відмінність, це реалізація ефективної системи повітря обміну та глибоке осушення повітря, за для попередження зараження приміщень пліснявою. Інноваційні методи технічного проектування внутрішнього простору приміщення дозволяють обмежити імовірність виникнення похибок.

До системи, яка є генератором льодового покриття, виносять колектори та труби мати. Дана система приєднується до холодої установки з агрегатованою насосною групою за допомогою гнучких рукавів. Завдання заморожування льоду, у рамках льодової арени, здійснюють змійовики, що виконуються або із сталевих труб, або з високоміцних термостійких полімерних (поліетиленових) труб, які інтегровані в бетонні основи льодових покриттів та виконані без будь-яких з'єднань. Температура холодоагенту, який циркулює по змійовикам становить, залежно від призначення льодового покриття (виду змагання), від -8 до -18 °C. Крок труб по горизонталі складає 100-600 мм. Механізм розташування труб підбирається таким чином, щоб забезпечити максимально можливу рівномірність температури по всій площі льодового покриття, від чого залежить якість льоду.

Утворення льодового покриття здійснюється шляхом заливання води, яка пройшла багаторівневе очищення від домішок та розчинених газів під час реалізації головних стадій очищення:

Перша стадія – попереднього очищення води – для видалення грубих домішок, а також частини сполук хлору, розчиненого заліза та органіки.

Друга стадія – отримання очищеної води – є основною створення якісного льоду. У ній відбувається практично повне очищення води від усіх солей та інших сполук та здійснюється її пом'якшення.

Третя стадія – глибоке очищення води – дозволяє видалити розчинені гази і домішки, що залишилися.

Фінішне полірування льодової арени проводиться спеціальними машинами – льодовими комбайнами. Загальна товщина льодового покриття зазвичай становить 40-70 мм, але може досягати і великих значень – 100 мм і вище.

Технологія замкненого циклу використання води в умовах експлуатації льодового катка (рис. 1) ґрунтується на використанні води при таненні стружки льоду.



Рис. 1. Схема повторного використання води при виробництві льоду для льодового спортивного майданчика

Загальний обсяг води, направлений на заливання льоду, льодової арени, дорівнює обсягу води отриманої шляхом танення льодової стружки. За рахунок, даної умови, підтримується постійна товща льодового покриття спортивного майданчика.

Для отримання якісної льодової поверхні, обов'язковою умовою є використання м'якої, очищеної води без додаткових компонентів та домішок. Таким чином, технологічний процес має наступні основні етапи:

перший етап – вода з центрального водопроводу надходить на установку очищення та пом'якшення;

другий етап – через патронний фільтр, проходячи через теплообмінник вода переміщується у бак гарячої води;

третій етап – використовуючи насос вода подається на арену для заливання льодового покриття;

четвертий етап – тала вода отримана з льодової стружки надходить у ємність змішування звідки насосом перекачується на початок циклу водо підготовки.

Головним вузлом технологічної схеми повторного використання води при виробництві льоду для льодового спортивного майданчика є установка очищення води, що попередньо використовувалася. Реалізація даної технології призведе до підвищення ефективності виробництва та зниження економічного навантаження. Схема установки очищення води повторного використання наведена на рисунку 2.

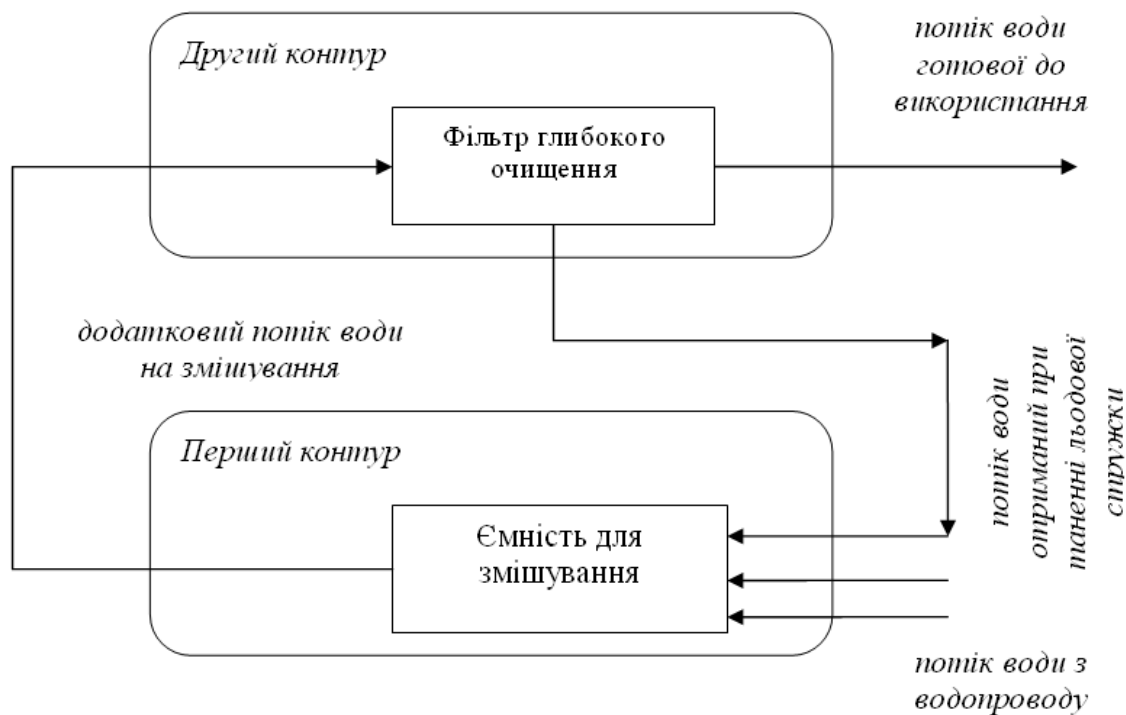


Рис. 2. Схема установки очищення води повторного використання

Враховуючи наукові дослідження останніх років, варто підкреслити, що тала вода отримана з льодової стружки має низьку концентрацію домішок, тому може бути використана повторно за потребою. Таким чином, приймаємо, що ємність для змішування на початку використання містить воду з водопроводу, яка насичена різними компонентами. Оскільки концентрація компонентів постійно змінюється (в залежності від ступеню очищення води, пори року, особливостей місцевого водопостачання, тощо), для визначення граничного рівня концентрації домішок варто враховувати рівняння матеріального балансу:

$$k_{\text{живлення}} = (1 - Q)k_{\text{концентрат}} + Qk_{\text{фільтрат}}$$

де $k_{\text{живлення}}$, $k_{\text{концентрат}}$, $k_{\text{фільтрат}}$ – масова частка кожного окремого компоненту; Q –

ступінь визначення рівня відбору розчинювала.

Ступінь визначення рівня відбору розчинювала знаходиться з відношення масових витрат живлення та фільтрату:

$$Q = \frac{M_{\text{фільтрату}}}{M_{\text{живлення}}}$$

Таким чином, встановлюючи залежності між компонентним складом талої води отриманої з льодової стружки та водопровідної води направленої на очищення отримуємо значенні масової частки фільтрату:

$$k_{\text{фільтрат}} = k_{\text{живлення}} / Q [1 - (1 - Q)^{S_k}]$$

де S_k – селективність кожного окремого компоненту.

Враховуючи, що досліджуваний процес є нестационарним та спираючись на попередньо запропонований математичний аспект рівняння зв'язку поточної концентрації живлячого потоку кожного окремого компоненту та загальний час роботи контуру має вигляд:

$$t = \frac{m_{\text{рід}}}{O_i} \ln \frac{O_i k_{\text{живлення}} + W_i}{O_i k_{\text{живлення}_0} + W_i}$$

де

$$O_i = M_{\text{живлення}} [1 - (1 - Q)^{1 - S_k} - 1]$$

$$W_i = M_{\text{іонного обміну}} k_{\text{іонного обміну}} + M_{\text{води зі стружки льоду}} k_{\text{стружки льоду}}$$

Таким чином, аналізуючи отримані рівняння отримуємо значення концентрації фільтрату:

$$k_{\text{фільтрат}}(t) = (1 - S_k)(1 - Q)^{-S_k} \left[\left(\frac{O_i k_{\text{живлення}_0} + W_i}{O_i} \right) \exp \left(t \frac{O_i}{m_{\text{рід}}} \right) - \frac{W_i}{O_i} \right]$$

Враховуючи той факт, що середня концентрація фільтрату за увесь період роботи контуру повинна перевищувати граничну концентрацію кожного окремого компонента, яка визначається технічними умовами, які є обов'язковими до виконання на стадії кожного технологічного процесу виробництва, тоді:

$$\bar{k}_{\text{фільтрат}} = \frac{1}{O_i} (1 - S_k)(1 - Q)^{-S_k} \left[\frac{(O_i k_{\text{живлення}_0} + W_i) \left(\exp \left(T \frac{O_i}{m_{\text{рід}}} \right) - 1 \right)}{T \frac{O_i}{m_{\text{рід}}} - W_i} \right]$$

Таким чином, при впровадженні технології замкненого циклу використання води в умовах експлуатації льодового катка стружка льоду плавиться під дією тепла, що надходить від холодильної установки та отримана вода направляється на вузол водопідготовки, де проходить всі стадії очистки та використовується повторно.

Висновки. У роботі розкрито механізми впровадження технології замкненого циклу використання води в умовах експлуатації льодового катка. До основної переваги застосування технології замкненого циклу використання води варто віднести надійність водопостачання, яка обумовлена наявністю ємності для накопичування води для утворення льодового покриття на льодовій арені, яка усуває проблему відсутності водопостачання за умови поточного ремонту або аварійного відключення. Технологія замкненого циклу використання води в умовах експлуатації льодового катка дозволяє значно мінімізувати споживання води з центрального водопроводу та навантаження на мережу скидання води у каналізацію, а також значно підвищує надійність системи загалом.

Перспективами подальших досліджень є розробка модернізованої системи очистки води в умовах реалізації технології замкненого циклу використання води для утворення льоду на льодовій арені, з урахуванням зовнішніх впливів.

Список літератури

1. Варфоломеєв, М. О., & Чуріканова, О. Ю. (2020). Циркулярна економіка як невід'ємний шлях українського майбутнього в аспекті глобалізації. *Ефективна економіка*, 5. doi: 10.32702/2307-2105-2020.5.200

2. Заєць, Н. А., & Штепа, В. М. (2018). Систематизація електротехнологічних комплексів водоочищення харчових виробництв. *Енергетика і автоматика*, (4), 49-62.
3. Кулікова, Д. В., Ковров, О. С. (2020). Удосконалення технологічної схеми очистки стічних вод гальванічних цехів підприємств вугільного машинобудування. *Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування*, 2(22), 97-106.
4. Кваша, Т., Мусіна, Л. (2017). *Інновації та технології для розвитку зеленої ресурсоефективної економіки України*. Київ: УкрІНТЕІ.
5. Ширяєва, Н. (2019). Стратегічні орієнтири управління підприємствами водопостачання та водовідведення. *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія «Економіка»*, 20-26.
6. Галкіна, О.П. Дегтяр, М.В. (2020). Баланс води на підприємстві при розробленні технологічних рішень. *Комунальне господарство міст*, (154), 148-153.
7. Гетта, О. С. Аліфіренко, А. І., Шестопапов, О. В. (2019). Шляхи підвищення екологічної безпеки шляхом повторного використання стічної води на підприємствах переробки овочів та фруктів. *XIII Міжнародна науково-практична конференція магістрантів та аспірантів : матеріали конф.*, 19-22 листопада 2019 р.; ред. Є. І. Сокол ; Нац. техн. ун-т "Харків. політехн. ін-т" [та ін.]. Харків : НТУ "ХПІ", 550-551.
8. Averina, J. M. (2019). Development and design of a closed water use cycle. *19th SGEM International Multidisciplinary Scientific GeoConference EXPO Proceedings*. STEF92 Technology. <https://doi.org/10.5593/sgem2019/3.1/s12.019>
9. Barjoveanu, G., Teodosiu, C., Robu, B., & Ene, S.-A. (2012). Sustainability in the water use cycle: challenges in the romanian context. *Environmental Engineering and Management Journal*, 11(11), 1987–2000. <https://doi.org/10.30638/eemj.2012.248>
10. Apopei, P., Catrinescu, C., Teodosiu, C., Ungureanu, A., & Royer, S. (2018). Selective dissolution of TiO₂ crystalline phases: Physicochemical characterization and photocatalytic activity. *Comptes Rendus Chimie*, 21(3-4), 382-390.
11. Ziegler, D., Hartig, C., Wischnack, S., & Jekel, M. (2020). Organic Substances in partly closed Water Cycles. *У Management of Aquifer Recharge for Sustainability* (с. 161–167). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781003078838-34>
12. Voogt, Wim. (2022). Improving water use efficiency : water storage, recycling, closed water chain. https://www.researchgate.net/publication/40104506_Improving_water_use_efficiency_water_storage_recycling_closed_water_chain
13. Pelorosso, R. & Gobattoni, Federica & Leone, Antonio. (2018). The low-entropy city. A modelling approach to close water cycles. Conference: INPUT2018 - 10th International Conference on Innovation in Urban and Regional Planning, 5-9 september 2018, Viterbo, Italy.
14. Sokolov, S. V., Rosenberg, I. N., Bayandurova, A. A., & Duhina, N. A. (2021). Precise positioning is known as a loxodrome on a trajectory on navigation measurements with intense noise. *Geoinformatika*, (1), 30–35. <https://doi.org/10.47148/1609-364x-2021-1-30-35>
15. Prisciandaro, M., Capocelli, M., Piemonte, V., & Barba, D. (2016). Process analysis applied to water reuse for a “closed water cycle” approach. *Chemical Engineering Journal*, 304, 602–608. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2016.06.134>
16. Skripko, L. P., & Skripko, A. A. (2021). Automation of closed water supply system for aquatic organisms. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Management, computer science and informatics*, 2021(3), 49–55. <https://doi.org/10.24143/2072-9502-2021-3-49-55>
17. Schuur, J. S., & Spuhler, D. (2021). Closing Water and Nutrient Cycles in Urban Wastewater Management: How to Make an Academic Software Available to General Practice. *Circular Economy and Sustainability*. <https://doi.org/10.1007/s43615-021-00073-6>