

DOI: 10.34132/ers.2023.01.01.09

Телюра Наталья Олександрівна

кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри інженерної екології міст,
Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова,
Харків, Україна

Іващенко Марина Юрійвна

кандидат технічних наук, старший викладач кафедри
охорони праці та безпеки життєдіяльності,
Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова,
Харків, Україна

СПОСІБ ВИБОРУ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ЗАХОДУ ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНОГО ВОДОВІДВЕДЕННЯ В НАСЕЛЕНИХ ПУНКТАХ УКРАЇНИ, РОЗТАШОВАНИХ НА ЕВТРОФОВАНИХ ВОДНИХ ОБ'ЄКТАХ

В населених пунктах України використовуються чотири системи відведення стічних вод. Для всіх цих систем, незважаючи на їх характерну деяку відмінність, виділено основні спільні риси, що спричиняють техніко-екологічні проблеми. Показано, що особливо актуальним є поступове переважиття існуючих систем водовідведення населених пунктів, розташованих на евтрофованих водних об'єктах. Внаслідок незадовільного стану систем водовідведення, в аварійних ситуаціях на каналізаційних мережах та з недостатньо очищеними поверхневими та дренажними стічними водами у водні об'єкти потрапляє значна кількість органічних та біогенних речовин, патогенної мікрофлори, що призводить до підвищення екологічної небезпеки водних об'єктів.

Ключові слова: екологічна безпека, сталий розвиток, населений пункт, аквальні ландшафти, евтрофований водний об'єкт, технологічний захід екологічно безпечного водовідведення, метод аналізу ієрархій, програмно-аналітичний метод вибору, впровадження.

METHOD OF CHOOSING A TECHNOLOGICAL MEASURE OF ENVIRONMENTALLY SAFE DRAINAGE IN THE SETTLEMENTS OF UKRAINE LOCATED ON EUTROPHED WATER

In the settlements of Ukraine, four types of wastewater drainage systems are used. For all these systems, despite their distinctive differences, the main features that cause technical and ecological problems are identified. It is shown that the gradual reorganization of existing drainage systems of settlements are located at eutrophic water bodies are especially relevant. Due to the unsatisfactory state of wastewater systems, in emergency situations on sewer networks and with insufficiently cleaned surface and drainage wastewater, a significant amount of organic and biogenic substances, pathogenic microflora get into water bodies. This leads to an increase in the ecological unsafety of water bodies. Based on the analysis of literature data, the tasks are identified that need to be solved to achieve the goal.

Key words: ecological safety, sustainable development, settlement, aqua landscapes, eutrophic water body, technologies of ecologically safe water disposal, method of hierarchy analysis, software analytical method of choice, implementation.

Вступ. На сьогодні антропогенним евтрофуванням охоплено водні об'єкти (прісноводні та прибережні морські) багатьох країн світу. Розвитку процесів антропогенного евтрофування поверхневих водних об'єктів – джерел питного водопостачання та рекреаційного використання в населених пунктах сприяє потрапляння господарсько-побутових стічних вод при аварійних ситуаціях на каналізаційних мережах та недостатньо очищені і неочищені поверхневі, дренажні стічні води.

Аналіз літературних джерел та відомчої інформації свідчить про те, що питанням визначення найбільш ефективних засобів та технологій водовідведення в населених пунктах розташованих на евтрофованих водних об'єктах приділялось недостатньо уваги.

На сьогодні у відповідності до екологічного законодавства ЄС зростають вимоги щодо забезпечення населення якісною питною водою та суттєвого зменшення впливу стічних вод населених пунктів на водні об'єкти. Актуальним є впровадження підходу, заснованого на виявленні напрямів поліпшення роботи системи водовідведення в населених пунктах за рахунок удосконалення її організації і управління та впровадження передового досвіду країн ЄС.

Екологічна безпека України неможлива без урахування соціального та економічного розвитку суспільства, при якому поліпшення рівня життя населення відбувається одночасно зі зменшенням шкідливих впливів на

навколишнє природне середовище (НПС). Результати досліджень водогосподарської та природоохоронної ситуації в Україні свідчать про необхідність організації і забезпечення екологічно збалансованого водокористування, поліпшення якості води для водопостачання населення і різних галузей економіки.

В умовах погіршення стану НПС України, масштаби якого привели до втрати стійкості водних екосистем і збільшення впливу екологічних складових на здоров'я населення (про що свідчать соціальні та медичні дані), на особливу увагу заслуговує розробка та обґрунтування шляхів зниження негативного впливу водного фактора. Перш за все проблеми, що стосуються водних об'єктів (ВО), пов'язані зі вступом до них забруднюючих речовин (ЗВ), зокрема, промислових стоків. В результаті відбувається порушення екосистем ВО, виражене в таких показниках:

- постійне збільшення обсягу скидаються у ВО побутових і промислових стоків без належної обробки на очисних спорудах населених пунктів (НП);
- скупчення у ВО великої кількості органічних і біогенних речовин, збільшення їх трофічного статусу;
- скорочення біологічного різноманіття у ВО, зниження якості води.

Використання евтрофованих водних об'єктів (ЕВО) як джерела питного водопостачання або в рекреаційних цілях створює високий ступінь небезпеки [1, 2], оскільки вони схильні до шкідливого «цвітінню». Недотримання правил щодо систем водовідведення та аварійні ситуації призводять до порушень еколого-соціальних нормативів у сфері питного водопостачання або рекреаційного водокористування ЕВО [3-6]. Для поліпшення стану ВО слід враховувати новітні прийоми з перебудови водовідведення в екологічно безпечну систему.

Згідно з «Національним планом дій з гігієни довкілля...» [7] та Указом Президента України «Про стан безпеки водних ресурсів держави та якості питної води в містах і селах України» [8], Законом України «Про питну воду, питне водопостачання та водовідведення» [9] усі рішення органів державної виконавчої влади, місцевого та регіонального самоврядування, повинні прийматися зі здійсненням оцінки їх можливого впливу на здоров'я населення. Здоров'я населення визнано основним критерієм ефективності функціонування всіх без винятку сфер господарської діяльності, а забезпечення населення НП якісною питною водою – основним завданням органів місцевої влади. Поліпшення екологічного стану ВО та якості питної води визнано пріоритетним напрямком державної політики України у галузі охорони навколишнього природного середовища, використання природних ресурсів і забезпечення екологічної безпеки [10].

У розв'язанні проблеми збалансованого розвитку [11] населених пунктів одним з значущих завдань (пріоритетів) є екологічно безпечне функціонування таких об'єктів життєзабезпечення, як системи централізованого водопостачання та водовідведення НП, у сферу діяльності яких входить екологічно безпечне використання водних ресурсів для питного водопостачання та рекреаційного використання і охорона водних об'єктів від забруднення стічними водами. Одним із суттєвих джерел забруднення водних об'єктів є надходження неочищених поверхневих стічних вод з території населених пунктів [12]. Саме тому екологічна безпека територій НП може бути досягнута лише при комплексному вирішенні проблеми від утворення і забруднення поверхневого стоку до впровадження системи відведення і очищення поверхневих стічних вод – системи дощової каналізації [10].

Під екологічно безпечним водовідведенням (ЕБВ) у населених пунктах розуміється комплекс санітарних заходів та інженерних споруд, що забезпечують збір, очищення та відведення стічних вод усіх категорій з території населених пунктів у водні об'єкти, при якому не порушуються нормативні вимоги щодо стану водних об'єктів – приймачів стічних вод, за умови задоволення потреб населеного пункту [10].

З метою покращення стану водних об'єктів та створення безпечних умов водокористування запропонована організація ЕБВ усіх видів стічних вод з території населених пунктах України, де основна роль належить впровадженню технічних, технологічних заходів та технологій щодо перевлаштування систем водовідведення в екологічно безпечну систему [10, 13]. Це є особливо актуальним для зменшення безпосереднього впливу користувачів води евтрофованих водних об'єктів. Технології екологічно безпечного водовідведення (ЕБВ) відповідають сучасному рівню досягнень у галузі захисту вод та відносяться до категорій «найкращі доступні технології», які затверджені в країнах ЕС [10, 13-15].

Основними вимогами до екологічно безпечного водокористування населених пунктів України є [10, 13]:

- забезпечення екологічно стійкого функціонування водного об'єкту як елемента природного середовища зі збереженням властивостей водних екосистем до відновлення якості води шляхом упорядкування водоспоживання та водовідведення в населених пунктах;
- задоволення господарських потреб населених пунктів без погіршення якості водних ресурсів та умов життєдіяльності населення.

Для подальшого управління екологічно безпечним водоспоживанням на основі вимог сталого розвитку, у [10, 13] зазначено, що необхідно впроваджувати комплексне еколого-соціальне оцінювання ВО, а особливу увагу слід приділити саме ЕВО, як джерелам екологічної небезпеки, при питному та рекреаційному водокористуванні.

Для обґрунтування управлінських рішень та забезпечення сталого соціально-екологічного розвитку [11], пропонується розвинути дослідження щодо комплексної еколого-соціальної оцінки (ЕСО) евтрофованих водних об'єктів, а саме, приділити увагу при дослідженнях джерел антропогенного навантаження на ЕВО, не тільки промислові підприємства, комунальне господарство та аварійні ситуації, а й додати дослідження неорганізованих поверхневих стічних вод, в тому числі з евтрофованих ґрунтів. Блок досліджень складових водних екосистем

доповнити, дослідженням стану евтрофованих ґрунтів. Дані дослідження сприятимуть проведенню екологічної оцінки стану ЕВО при впливі процесу евтрофування ґрунтів на розвиток рослинності. Блок досліджень впливу процесів евтрофування на життєдіяльність населення доповнити дослідженням стану рослинності на евтрофованих ґрунтах.

Подальший розвиток проведення досліджень ЕСО ЕВО сприятиме обґрунтуванню оцінювання безпечності життєдіяльності населення при водокористуванні ЕВО та евтрофуванні ґрунтів [16].

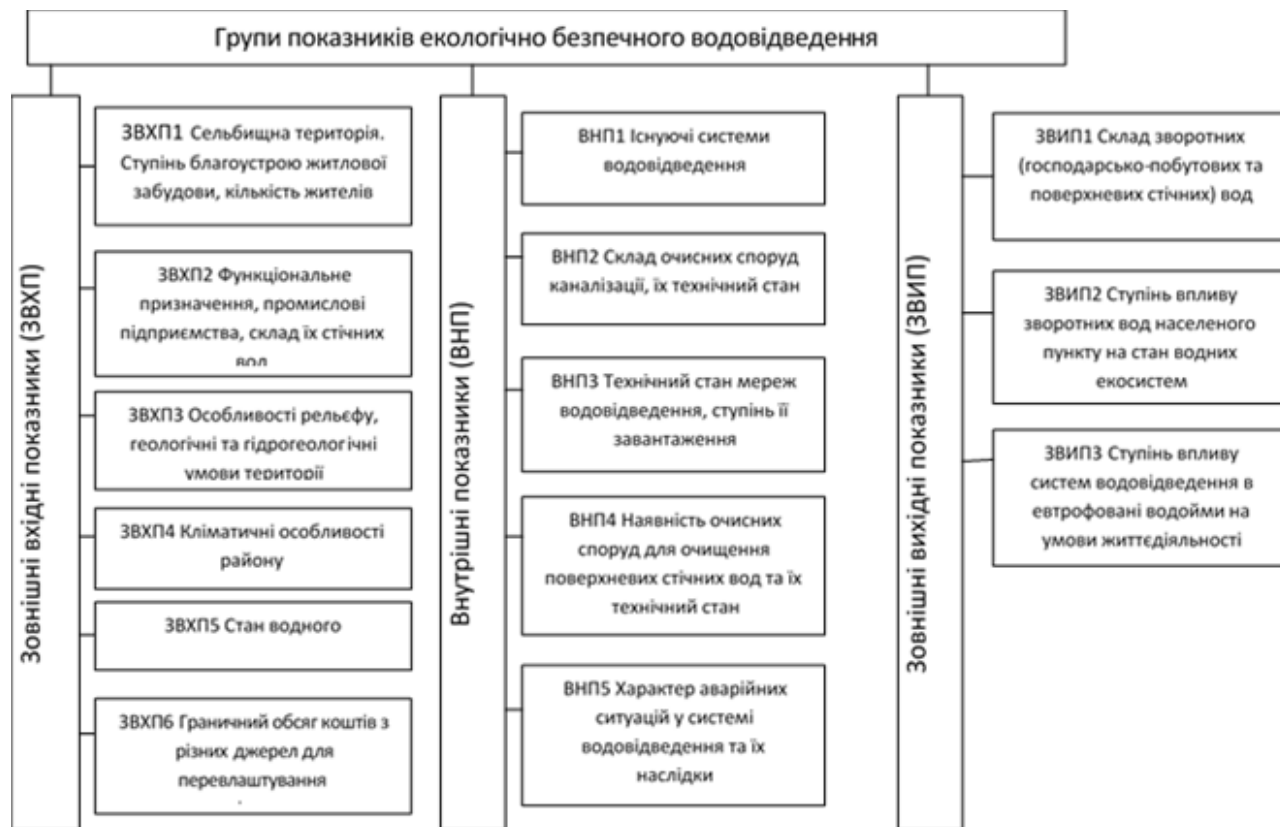


Рис. 1. Групи показників для характеристики системи водовідведення НП

Мета та методи. Метою дослідження є обґрунтування процедури вибору управлінських рішень при впровадженні технологічних заходів екологічно безпечного водовідведення населених пунктів, розташованих на евтрофованих водних об'єктах. При виконанні роботи для вибору технологічних заходів екологічно безпечного водовідведення використовувався комплекс загальнонаукових (аналіз, синтез, порівняння, узагальнення) та спеціальних методів (програмно-аналітичний метод з використанням методу аналізу ієрархій).

Результати. В основу дослідження покладена гіпотеза, якщо, з кожним з варіантів технологічного заходу буде співставлена відповідна кількісна оцінка, то її врахування при прийнятті рішення зменшить вірогідність прийняття невірної рішення (рис. 2).

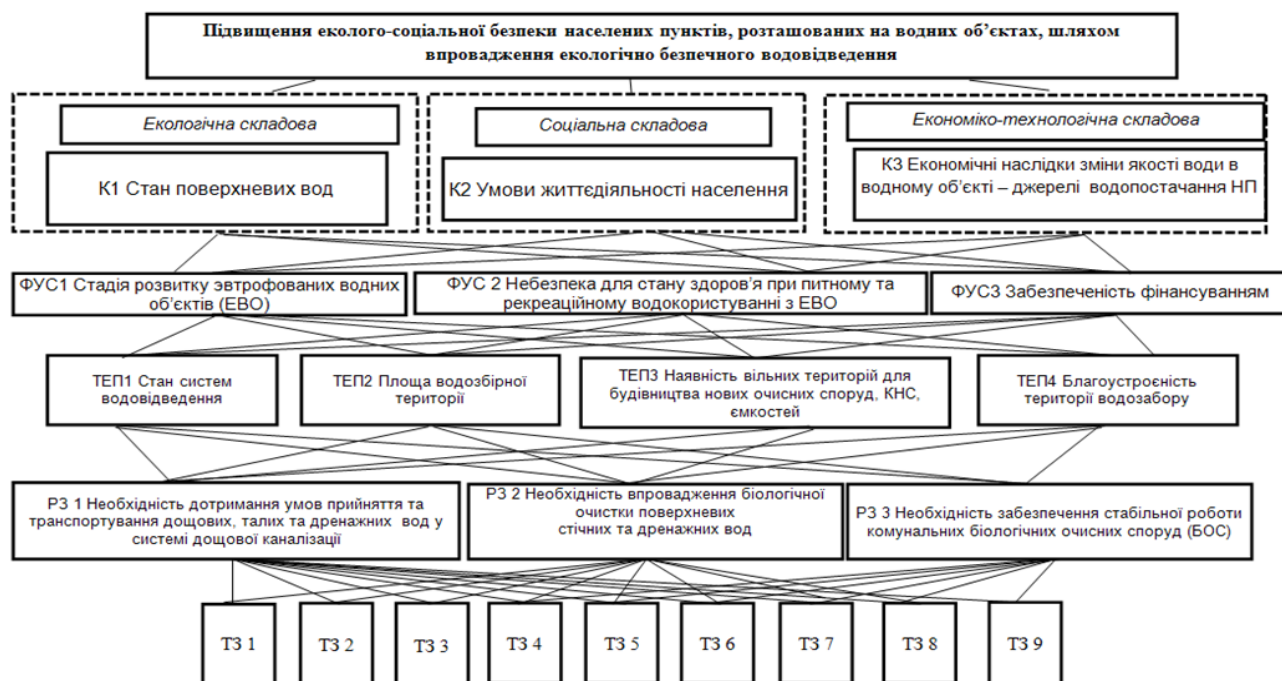


Рис. 2. Ієрархія вибору технологічних заходів

Для вирішення завдань такої складності застосовують методи системного аналізу, окремим випадком яких є метод аналізу ієрархій (МАІ). МАІ дозволяє структурувати складну проблему, провести її декомпозицію, врахувати взаємодію окремих її елементів, формалізувати роботу експертів шляхом поділу процедури узгодження на ряд етапів, з результатом виконання кожного з яких з'являється відповідна кількісна характеристика, представлена в узагальнених (безвідносних) одиницях виміру. Все це дає можливість при впровадженні технологічних заходів екологічно безпечного водовідведення (ТЗ ЕБВ), ґрунтуючись на безлічі суперечливих критеріїв і суджень, підвищити ефективність управління в галузі сталого розвитку еколого-соціальної безпеки населених пунктів, розташованих на евтрофованих водних об'єктах. Нижче розглянуті основні етапи реалізації цієї процедури.

Процедура полягає у виконанні 4 етапів:

Перший етап – формування мети дослідження; визначення критеріїв еколого-соціальної безпеки, побудова ієрархії вибору ТЗ ЕБВ.

Другий етап:

- проведення інструментальних (польових) вимірювань та камеральної обробки отриманих значень за кожним критерієм;

- розрахунок екологічних показників.

Третій етап: заповнення матриць експертної оцінки переваг за кожним ієрархічним рівнем та визначення пріоритету (переважаючого, найбільш важливого, глобального) критерію на кожному ієрархічному рівні.

Четвертий етап:

- прийняття обґрунтованого рішення щодо вибору найбільш еколого-соціально безпечного технологічного заходу екологічно безпечного водовідведення за найбільшим значенням глобальних пріоритетів для відповідного ТЗ ЕБВ.

Розглянемо більш детально кожен з етапів: перший етап полягає у формуванні мети проведеного дослідження (1-й рівень ієрархії) – підвищення еколого-соціальної безпеки населених пунктів, розташованих на евтрофованих водних об'єктах, шляхом впровадження ЕБВ, що представляє верхній рівень ієрархії (див. рис. 2).

Ієрархія побудована з урахуванням вимог принципів водокористування і заснована на обліку впливають екологічних факторів і знаходиться у відповідності з принципами сталого розвитку. Так, особливу увагу приділено шостому ієрархічному рівню, на якому розміщено альтернативні технологічні заходи екологічно безпечного водовідведення, а саме: ТЗ 1 – очищення поверхневих стічних вод (ПСВ) на БІС; ТЗ 2 – очищення поверхневих стічних вод на комунальних спорудах біологічної очистки стічних вод (БОС); ТЗ 3 – будівництво 2-х акумулюючих ємностей на БОС для регулювання та перехоплення залпових скидів виробничих стічних вод; ТЗ 4 – локальна очищення ПСВ з території автостоянок, заправних станцій, торгівельних центрів, з подальшим скидом в зливову каналізацію населеного пункту; ТЗ 5 – застосування дощоприймачів з прямим для осаду; ТЗ 6 –

очищення ПСВ з окремих територій, які мають самостійний випуск у водний об'єкт на локальних очисних спорудах; ТЗ 7 – організаційно-технічні заходи зі зменшення кількості домішок, що виносяться поверхневим стоком, або поліпшення санітарного стану водозбірних територій; ТЗ 8 – збільшення площ каналізування територій; ТЗ 9 – поліпшення експлуатації мереж водовідведення.

Другий етап процедури – експертне порівняння пар критеріїв поточних рівнів ієрархії і формування відповідних множин матриць парних порівнянь для кожного з рівнів, за критерієм, в якості якого виступає елемент більш високого рівня ієрархії. При цьому задають питання типу: визначте на основі відносної уніфікованої шкали попарного експертного оцінювання (зважування) спеціально пристосованої для вирішення екологічних завдань, який з факторів має на еколого-соціальну безпеку населених пунктів найбільш сильний вплив.

Третій етап процедури – розрахунок глобальних пріоритетів критеріїв ієрархічної моделі. Вихідною інформацією для розрахунків служить результат виконання другого етапу. В якості інструментальної підтримки, наприклад, можна застосувати середовище «MPRIORITY 1.0» (My Priority), що дозволяє автоматизувати весь процес розрахунку, і збільшити ефективність його проведення, за рахунок спеціально адаптованих під особливості методу діалогові засоби. У розв'язуванні багатокритеріальних задач підтримки прийняття рішень, відмічене збільшення уваги на програмні продукти які дозволяють автоматизувати прийняття рішень, тобто застосовувати цифрові технології у процедурі прийняття рішень. Основне призначення даних програмних продуктів це прийняття обґрунтованого рішення, з вибору пріоритетного варіанту, яке не завжди піддається кількісним вимірам.

Четвертий етап процедури – прийняття обґрунтованого управлінського рішення щодо вибору найбільш еколого-соціально безпечного технологічного заходу екологічно безпечного водовідведення за найбільшим значенням глобальних пріоритетів для відповідного ТЗ ЕБВ.

Проведений аналіз дозволяє розробити стратегію управління еколого-соціальної безпекою для населених пунктів України, розташованих на евтрофованих водних об'єктах, шляхом розробки рекомендацій щодо впровадження ТЗ ЕБВ із застосуванням методу аналізу ієрархій.

Як методологічна основа вирішення задач вибору з величезної кількості альтернативних варіантів на основі їх багатокритеріального порівняння успішно використовується програмні продукти на базі математичного методу аналізу ієрархій (МАІ/АНР/АНР), запропонований Т.Сааті [17, 18]. На повноту та достовірність отриманих результатів експертного опитування впливає спосіб відбору експертів (фахівців)-спеціалістів до складу груп. Визначення оптимального принципу відбору експертів, є першочерговою задачею дослідження. У відповідності до задач дослідження та об'єкту, необхідно застосовувати найбільш оптимальні підходи до відбору. Визначені переваги та недоліки існуючих способів відбору експертів, спрямовані на оптимізацію процесу визначення способу формування групи.

Використання сучасних методів прийняття рішень щодо їх впровадження в окремому населеному пункті з метою вибору пріоритетних технологій водовідведення, обумовлено особливістю та чисельністю факторів та критеріїв, оцінюванні кінцевого результату, що повинно забезпечувати прийняття обґрунтованого рішення.

Врахування соціальних, екологічних і економіко-технологічних складових сталого розвитку населеного пункту є основою цифрового програмно-аналітичного методу декомпозиції складної задачі обґрунтування і вибору пріоритетних технологій водовідведення у вигляді ієрархічного уявлення її елементів з подальшим синтезом пріоритетів, шляхом знаходження відносин між елементами через експертні судження, включаючи метод аналізу ієрархії, адаптований для цілей досліджуваних задач.

Обговорення. Перевагою запропонованого багатокритеріальної процедури програмно-аналітичного методу є можливість ув'язати в єдиний алгоритм виробки рішення вихідні дані, що різняться як за своїм фаховим змістом, так і за формою представлення (статистичні, прогнозні, дані безпосередніх вимірів, експертні оцінки). Крім того, до переваг розробленої процедури програмно-аналітичного методу слід віднести те, що він базується на досить розробленому та практично відпрацьованому методі аналізу ієрархій. Зокрема, для даного методу є декілька програмних продуктів, які дозволяють ефективно здійснювати розрахунки вихідних показників. Використана програма MPriority 1.0, яка дозволяє провести розрахунки та отримати індекси узгодженості по задачі з високою точністю [17].

Обмеженням цієї процедури є реальні межі застосування запропонованого методу, оскільки є можливість впливу зовнішніх факторів та умов, що може призвести до втрати стійкості. Крім того, в перспективі з появою нових технологій водовідведення ними потрібно буде доповнювати 6-й рівень ієрархії вибору (рис. 2). При цьому, буде перевищено кількість альтернатив, які необхідно буде попарно порівнювати на цьому рівні ієрархії (за рекомендаціям [18] їх кількість не повинна перебільшувати дев'яти). В даному випадку, не обійдуться приймати спеціальні заходи для збереження прийнятної узгодженості в задачі, але це призведе до ускладнення її рішення. Цей недолік можливо частково компенсувати шляхом виключення з аналізу технологій водовідведення, які втрачають актуальність за часом [17].

Висновки

Програмно-аналітичний метод, що включає МАІ, дозволяє не тільки визначити пріоритетну технологію водовідведення, але й дати кількісну оцінку ступеня переваг за допомогою ранжирування варіантів, що забезпечує досить повне і адекватне обґрунтування переваг особи, що приймає рішення. Таким чином, розроблена процедура програмно-аналітичного методу вибору дозволяє спеціалістам органів місцевої влади та експертам відповідного фахового спрямування (екологічного, соціального та економіко-технологічного) брати участь у підготовці консолідованих рекомендацій для прийняття управлінського рішення з вибору пріоритетної технології екологічно безпечного водовідведення в умовах конкретного населеного пункту.

Список використаних джерел

1. Гончарук, В. В., Верголяс, М. Р., Болтина, И. В. (2013). Исследование мутагенности и генотоксичности питьевой воды. *Химия и технология воды*, 35 (5), 426–435.
2. Телюра, Н. О., Дмитрієва, О. О., Колдоба, І. В. (2017). Спосіб водовідведення у водогосподарських системах населених пунктів, розташованих на евтрофованих водних об'єктах: пат. 127470 Україна. № u201710629; заявл. 02.11.2017; опубл. 10.08.2018, Бюл. № 15.
3. Дмитрієва, О. О., Хоренжая, І. В. (2016). Еколого-соціальне оцінювання стану евтрофованих водних об'єктів. *Екологія і промисленість*, 1 (46), 105–110.
4. Сиренко, Л. А., Корелява, И. А., Михайленко, Л. Е. (1989). *Растительность и бактериальное население Днепра и днепровских водохранилищ*. К. : Наукова думка.
5. Окснюк, О. П., Давыдов, О. А. (2012). Санитарная гидробиология в современный период. Основные положения, методология, задачи. *Гидробиологический журнал*, 48 (6), 50–65.
6. Niamien-Ebrotte, J. E., Bhattacharyya, S., Deep, P. R., Nayak B. (2015). Cyanobacteria and cyanotoxins in the World: Review. *International Journal of Applied Research*, 1 (8), 563–569.
7. Національна доповідь про якість питної води та стан питного водопостачання в Україні у 2015 році. (2015). Київ: Мінрегіон.
8. Про стан безпеки водних ресурсів держави та якість питної води в містах і селах України. Указ Президента України Про рішення Ради національної безпеки і оборони України № 75/2003 від 11 листопада 2002 року. Retrieved from <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/75/2003>.
9. Про питну воду, питне водопостачання та водовідведення. Закон України № 2918-III від 10.01.2002. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2918-14/ed20170621>
10. Дмитрієва, О. О. (2008). Екологічно безпечне водокористування у населених пунктах України: монографія К. : РВПС України НАН України.
11. Телюра, Н. О., Поколюдна, М. М., Ломакіна, О. С. (2011). Підходи до розробки екологічних індикаторів сталого розвитку на національному рівні. *Комунальне господарство міст*, 101, 150–153.
12. Телюра, Н. О., Дмитрієва, О. О., Хоренжая, І. В. (2017). Екологічна безпека населених пунктів України розташованих на евтрофованих водних об'єктах. *Комунальне господарство міст*, 139, 120–125.
13. Проект ДСТУ-Н***Настанови щодо організації екологічно безпечного водовідведення в населених пунктах України. Retrieved from http://www.dea.edu.ua/article/tk_82_rozpochato_obgovorennya_proektu_dstun_nastanovi_shodo_organizacii_ekologichno_bezpechnogo_vodovidvedennya_v_naselenih_punktah_ukraini
14. Дмитрієва, О. О., Телюра, Н. О., Хоренжая, І. В. (2017). Процедура обґрунтованого вибору найкращих технологічних заходів водокористування в населених пунктах України. *Коммунальное хозяйство городов*, 137, 66–71.
15. Про встановлення рамок діяльності Співтовариства в галузі водної політики: Директива 2000/60/ЄС Європейського Парламенту і Ради від 23 жовтня 2000 року. Retrieved from https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_962?lang=ru
16. Телюра, Н. О., Дмитрієва, О. О., Василенко, В. П. (2018). Впровадження екологічно безпечного водовідведення, як елемент сталого розвитку населених пунктів України. *Комунальне господарство міст*, 7(146), 174–179.
17. Teliura, N. (2018). Development of the methodological approach to the selection of technologies for environmentally safe water drainage in populated areas. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6/10 (96), 55–63. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.148689>
18. Саати, Т. Л. (2008). Принятие решений при зависимостях и обратных связях: Аналитические сети. М.: ЛКИ.