
ЕКОЛОГІЯ ВОДНИХ РЕСУРСІВ

УДК 504.064:622.012:556.55

DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-4-27-20>

КОНЦЕПТУАЛЬНІ НАПРЯМИ ДОСЛІДЖЕННЯ УМОВ ЖИТТЯ НАСЕЛЕННЯ В ЗОНІ ЕВТРОФОВАНИХ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ

Дмитрієва О.О.¹, Колдоба І.В.¹, Хоренжая І.В.²

¹Науково-дослідна установа «Український науково-дослідний інститут екологічних проблем»
61166, м. Харків, вул. Бакуліна, 6,
(057) 702-15-93
dmitrieva.olena@gmail.com;

²Комітет з питань екологічної політики та природокористування
Верховної Ради України,
01008, м. Київ, вул. Грушевського, 5
irinak874@gmail.com

Загроза антропогенного евтрофування водних об'єктів і погіршення умов водокористування набула глобальних розмірів і стала актуальною проблемою як у світі, так і в Україні. Для підвищення екологічної безпеки водокористування в населених пунктах, розташованих на евтрофованих водних об'єктах, пропонується в якості обґрунтування прийняття управлінських рішень використовувати комплексну оцінку еколого-медичної безпеки водного фактору, яка на відміну від відомих з наукових інформаційних джерел підходів полягає у поєднанні взаємоузгоджених та взаємодоповнюючих уявлень щодо якісного стану водних екосистем як унікальних компонентів природних комплексів, і впливу водного фактору на стан здоров'я та умови життєдіяльності населення і поєднує одночасний розгляд екологічного, ресурсного та медичного аспектів проблеми забезпечення безпеки водокористування. Система комплексної оцінки еколого-медичної безпеки водного фактору орієнтована на визначення ймовірності зміни стійкості водної екосистеми, в бік погіршення чи покращення її якісного стану та дозволяє визначити рівень можливості та безпеки використання водних ресурсів; а також показник припустимого антропогенного навантаження на водні об'єкти, та ідентифікувати фактор небезпеки і зону його локалізації, відповідно – окреслити регіональні проблеми водокористування. На основі вище викладеного підходу розроблені та пропонуються програми екологічних та медичних досліджень, які в подальшому слугуватимуть науково-методичним підґрунтям моніторингу впливу процесів евтрофування водних об'єктів на умови мешкання населення. Реалізація запропонованого підходу у практику управління водокористуванням населених пунктів, розташованих на евтрофованих водних об'єктах, сприятиме підвищенню екологічної та соціальної (медичної) безпеки водокористування як складової реалізації Концепції сталого розвитку міст. *Ключові слова:* оцінка безпеки життєдіяльності населення при водокористуванні, еколого-соціальне (медичне) оцінювання стану поверхневих вод, «шкідливе «цвітіння» синьозелених водоростей, токсини синьозелених водоростей, управлінські рішення.

Conceptual directions of research in residential conditions of residence near eutrophic aquatic objects. Dmitriev O., Koldoba I., Horenja I. The threat of anthropogenic eutrophication of water bodies and deterioration of water use conditions has become global and has become a pressing problem both in the world and in Ukraine. To improve the environmental safety of water use in settlements located on eutrophied water bodies, it is proposed to use as a justification for managerial decision-making a comprehensive assessment of the ecological and medical safety of the water factor, which, unlike the approaches known from the scientific information sources, is combined with mutually consistent and mutually compatible approaches. ideas about the qualitative status of aquatic ecosystems as unique components of natural complexes, and the impact of the aquatic factor on health and conditions and combines the simultaneous consideration of environmental, resource and health aspects of the problem of ensuring the safety of water use. The system of integrated assessment of the ecological and medical safety of the water factor is focused on determining the probability of changing the stability of the aquatic ecosystem, in the direction of deterioration or improvement of its qualitative state and allows to determine the level of possibility and safety of water resources use; as well as an indicator of the permissible anthropogenic load on water bodies, and to identify the hazard factor and its localization area, respectively, to outline regional problems of water use. Based on the above approach, ecological and medical research programs have been developed and proposed, which will further serve as a scientific and methodological basis for monitoring the impact of eutrophication processes on aquatic habitats. The implementation of the proposed approach to the practice of water management of settlements located on eutrophied water bodies will contribute to the improvement of ecological and social (medical) safety of water use as a component of the implementation of the Sustainable Urban Development Concept. *Key words:* assessment of the safety of life of the population in water use, ecological-social (medical) assessment of the surface water status, «harmful» flowering of blue-green algae, blue-green algae toxins, management decisions.

Реалізація сталого розвитку України спрямована на наближення до світових стандартів екологічного стану довкілля і добробуту населення. Розвиток міст супроводжується збільшенням частки міського населення в суспільстві, в тому числі й в Україні. Постановою Верховної Ради України (№ 1359-XIV від 24 грудня 1999 р.) схвалено Концепцію сталого розвитку населених пунктів у тривалій перспективі, якою охарактеризовано прискорення процесів урбанізації, визначено основні орієнтири і шляхи забезпечення соціального та економічного напрямів [1].

У розвитку населених пунктів екосфери критичного стану набуває водний фактор: наявність достатньої кількості водних ресурсів, рівень організації водокористування, розвиток продуктивних сил як первинного чинника якості життязабезпечення людини, стану її здоров'я і генофонду. Екологічна та соціальна безпека за водним фактором Концепцією сталого розвитку населених пунктів віднесені до основних складових досягнення втілення у життя послідовної стратегії соціальної, екологічної та економічної стабілізації, росту та розвитку населених пунктів як складової сталого розвитку країни.

Надходження з урбанізованих територій до водних об'єктів значних об'ємів недостатньо очищених та неочищених зворотних вод та значної кількості біогенних, органічних речовин та патогенної мікрофлори у їх складі є одним із істотніших чинників, що негативно впливають на якість поверхневих вод і розвиток антропогенного евтрофування [3-4]. Наслідками посилення антропогенного впливу населених пунктів на водне середовище є не тільки погіршення його екологічного стану, але й негативний вплив на здоров'я населення, що утворює низку глобальних еколого-медичних і соціальних проблем.

Основною причиною небезпеки евтрофування вод і супутнього йому «цвітіння» є токсичні та алергенні властивості синьозелених водоростей (ціанобактерій), які складають основу біомаси фітопланктону. Небезпечний вплив ціанобактерій на здоров'я людини спричиняє наявність у мембранах (оболонках) їх клітин ендотоксинів, які досить часто є запальними/провокуючими агентами при розвитку численних екологозалежних захворювань [5].

Фактором, що підсилює дію ендотоксинів ціанобактерій є наявність у водному середовищі мікобактерій [6], які широко розповсюджені. Мікобактерії, як і інша мікрофлора, комфортно розвиваються також у скупченнях ціанобактерій. Крім посилення небезпечної дії ендотоксинів ціанобактерій, у сукупності з іншими представниками мікофлори, мікобактерії можуть сприяти посиленню «цвітіння» водних об'єктів, особливо у розвитку видів ціанобактерій, схильних до гетеротрофного живлення [6-7].

Негативно впливає на стан здоров'я людини не тільки вода у період «цвітіння» водних об'єктів, але й аерозолі, що утворюються над водною поверхнею за наявності турбулентних явищ [8-9].

У країнах ЄС проблемі евтрофування водних об'єктів приділяється значна увага. В Основній водній (рамковій) Директиві ЄС (2000/60/ЄС) [10] райони питних водозаборів та водних об'єктів, що зазнають антропогенного евтрофування, віднесені до «уразливих зон», які підлягають особливому контролю та охороні з більш суворою регламентацією антропогенного навантаження. За Директивою Ради 91/271/ЄС «Про очистку міських стічних вод» від 21 травня 1991 р. евтрофування є першим з трьох критеріїв віднесення акваторії водних об'єктів до «уразливої зони»: «прісноводні водні об'єкти, в яких спостерігається евтрофування або які найближчим часом можуть стати евтрофованими, визнаються уразливою зоною» [11].

В Україні внаслідок достатньо теплого клімату, надмірної зарегульованості більшості річок та значної забрудненості поверхневих стічних вод біогенними і органічними речовинами склалися сприятливі умови для масового розвитку планктонних водоростей на більшості водних об'єктів. Щорічно спостерігається «цвітіння» води не тільки в каскаді дніпровських водосховищ – найбільшому водогосподарському комплексі країни, а й практично в усіх зарегульованих середніх і малих річках. Незважаючи на істотні витрати в Україні державного та місцевого бюджетів на водоохоронні заходи, стан водних об'єктів і пов'язана з цим еколого-соціальна ситуація у багатьох регіонах залишаються вкрай незадовільними. На одному з евтрофованих дніпровських водосховищ Міністерством охорони здоров'я України був зареєстрований випадок екологозалежного захворювання населення. Для з'ясування причин такого захворювання були проведені еколого-медичні дослідження, в яких при пошуку етіологічного фактора захворювання розроблялися окремі ланки програми еколого-медичного моніторингу [12-13]. У результаті встановлено, що причина захворювань місцевого населення була обумовлена евтрофуванням місцевих водних об'єктів, а мешканці, які споживають воду з евтрофованих водних об'єктів значною мірою вже сенсibilізовані до метаболітів ціанобактерій.

В Концепції організації та управлінню водокористуванням в населених пунктах основна увага приділена задоволенню потреб водокористування на водопостачання і водовідведення, а загальнодержавне управління водокористуванням в населених пунктах розраховане лише для штатних ситуацій. При проведенні всіх видів моніторингу води оцінка показників забрудненості води здійснюється шляхом порівняння одержаних значень з відповідними значеннями гранично допустимих концентрацій (ГДК) за видами водокористування. Проблеми збереження екосистем водних об'єктів, що розташовані у зоні впливу населених пунктів, тільки позначаються, але практично не враховуються. Медичні дослідження впливу водного фактору на життєдіяльність насе-

лення відсутні. Управлінням водокористування не передбачені заходи оперативного реагування на швидку зміну рівня евтрофування водних об'єктів, а також складання планів середньо- та довгострокових попереджувальних заходів щодо зменшення негативного впливу евтрофування на питне водопостачання населених пунктів. Наслідком цього існує загроза погіршенню стану здоров'я водокористувачів та екологічній безпеці країни загалом.

У системах управління водними ресурсами багатьох розвинених країн світу екологічна і соціальна (медична) складові об'єднуються. Для вирішення проблеми зростаючого глобального «цвітіння» ціанобактерій, оцінки в окремих країнах небезпеки його виникнення, розповсюдження та впливу на стан водних екосистем та здоров'я людини, а також для розробки відповідних заходів з управління ризиками у 2005 р. як частку Міжнародної гідрологічної Програми ЮНЕСКО V створено програму CYANONET. Її у 2012 р. було доповнено Програмою CYANOCOST з метою координації зусиль країн Європи в управлінні ризиками щодо ціанобактеріальних «цвітінь» шляхом встановлення тісного співробітництва між науковими установами і організаціями та органами влади [14].

Раціональне та ефективне використання водних ресурсів при їх сучасному несприятливому екологічному стані можливе за умов високого рівня їх вивченості як об'єктів зі складною структурою та розгалуженою системою природних і господарських зв'язків, наявності вірогідної інформації щодо їх екологічного стану та ступеня екологічної безпеки життєдіяльності населення в разі їх використання.

Відповідно до Закону України «Про державне прогнозування та розроблення програм економічного і соціального розвитку України» (№ 1602-III від 23 березня 2000 р.) [2] у розроблених прогнозних та програмних документів економічного і соціального розвитку Автономної Республіки Крим, областей, районів та міст повинна бути відображена екологічна ситуація у відповідній адміністративно-територіальній одиниці. Отже, для своєчасного прийняття управлінських рішень, розроблення прогнозів і обґрунтування комплексу водоохоронних заходів для досягнення як екологічної так і соціальної (медичної) безпеки водокористування евтрофованих водних об'єктів, необхідний високий рівень вивченості водних ресурсів.

Мета статті – вдосконалення системи управління водокористуванням населених пунктів, розташованих на евтрофованих водних об'єктах, в напрямку підвищення екологічної та соціальної (медичної) безпеки водокористування як складової реалізації Концепції сталого розвитку міст.

Для підвищення екологічної безпеки водокористування в населених пунктах, розташованих на евтрофованих водних об'єктах, пропонується при обґрунтуванні прийняття управлінських рішень

використовувати комплексну оцінку еколого-медичної безпеки водного фактору. На відміну від відомих з наукових інформаційних джерел підходів до отримання оцінок стану поверхневих вод комплексна оцінка еколого-медичної безпеки водного фактору полягає у поєднанні взаємоузгоджених та взаємодоповнюючих уявлень щодо якісного стану водних екосистем як унікальних компонентів природних комплексів, і впливу водного фактору на стан здоров'я та умови життєдіяльності населення [15]. Отже, пропонується одночасний розгляд екологічного, ресурсного та медичного аспектів проблеми забезпечення безпеки водокористування (рис. 1).

При удосконаленні системи управління водокористуванням населених пунктів, розташованих на евтрофованих водних об'єктах, для підвищення екологічної та соціальної (медичної) безпеки водокористування як складової реалізації Концепції сталого розвитку міст, наукового обґрунтування регламентації якісного стану водних об'єктів з позиції екологічної безпеки та безпеки здоров'я людини має бути застосовано сучасний підхід. Це – визначення ступеня небезпеки для здоров'я населення, якісне та кількісне визначення ймовірності погіршення здоров'я населення внаслідок впливу незадовільного стану довкілля на появу їх негативних ознак. Система комплексної оцінки еколого-медичної безпеки водного фактору орієнтована на визначення ймовірності зміни стійкості водної екосистеми щодо погіршення чи покращення її якісного стану та дозволяє визначення рівня можливості та безпеки використання водних ресурсів. Показник припустимого антропогенного навантаження на водні об'єкти дає можливість ідентифікувати фактор небезпеки і зону його локалізації, а отже окреслити регіональні проблеми водокористування.

Розроблені та запропоновані програми екологічних та медичних досліджень у подальшому слугуватимуть науково-методичним підґрунтям моніторингу впливу процесів евтрофування водних об'єктів на умови мешкання населення (рис. 1). В свою чергу результати такого моніторингу стануть основою для прийняття управлінських рішень у досягненні еколого-медичної безпеки.

Програма екологічних досліджень стану водних екосистем та умов формування якості вод (рис. 1, п. 3.1.1) враховує той факт, що поверхневі водні об'єкти разом із водозбірними площами є відкритими саморегулюючими системами, в яких формування якості води визначається індивідуальною сукупністю та взаємодією окремих груп факторів (кліматичні, басейново-ландшафтні, антропогенні) та результатів дослідження зовнішніх природних, антропогенних і техногенних чинників впливу на водні екосистеми, формування якості води (підпрограма 4.1.1.1) та інформації щодо складових водних екосистем та внутрішньоводоймових процесів формування якості води (підпрограма 4.1.1.2).

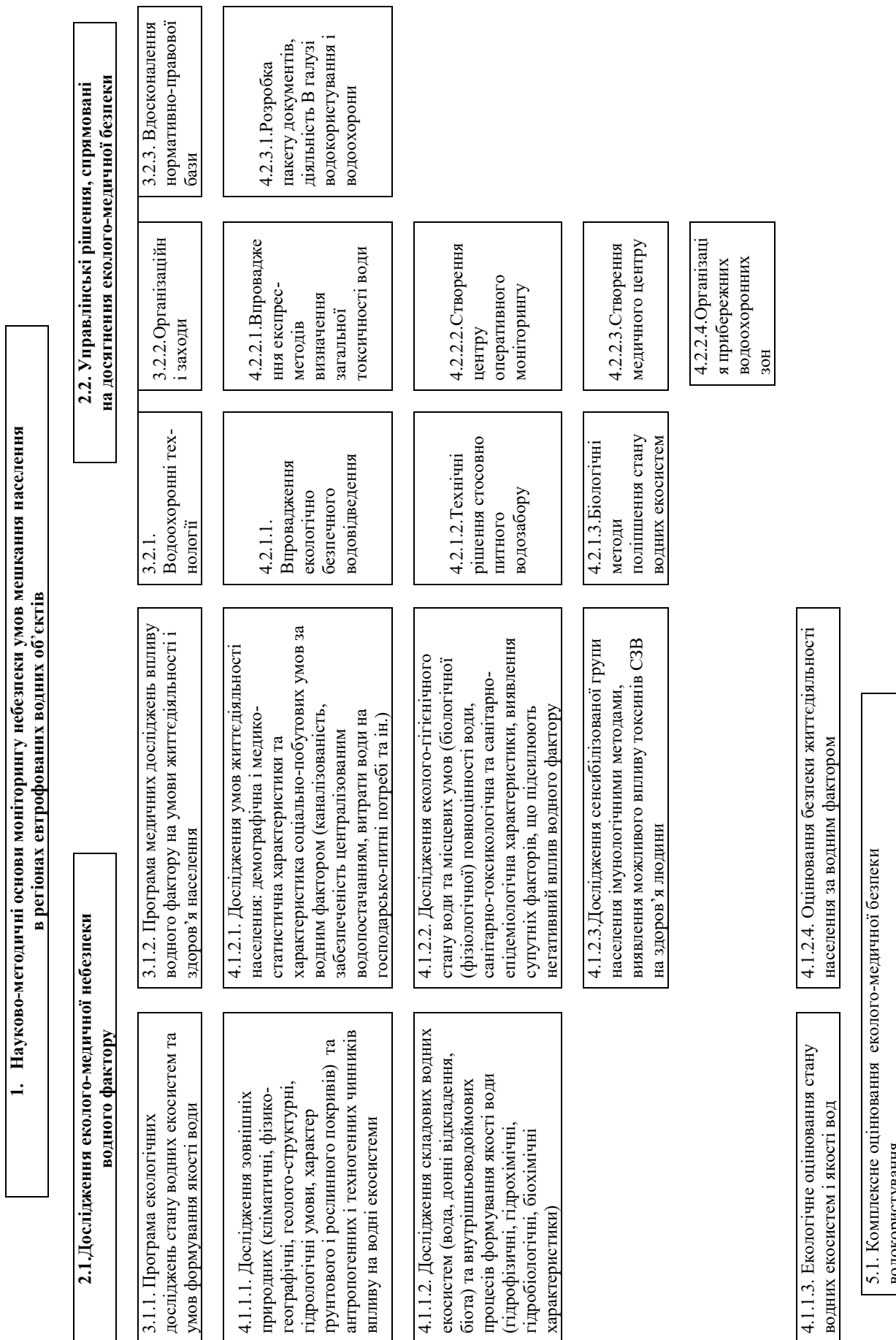


Рис. 1. Науково-методичні основи моніторингу безпеки умов мешкання населення в регіонах евтрофованих водних об'єктів

У межах кожної підпрограми визначаються основні характеристики, які є найбільш суттєвими для формування якості води та впливу евтрофування на умови мешкання населення.

Серед основних параметрів впливу зовнішніх природних факторів, які визначають специфіку розвитку евтрофування у досліджуваному водному об'єкті, належать місцеві кліматичні, фізико-географічні, геолого-структурні та гідрологічні умови, характер ґрунтового та рослинного покриву тощо.

Вплив антропогенних чинників на водні екосистеми дедалі збільшується. При цьому основною небезпекою для формування якісного стану вод є процеси розвитку водних екосистем, інтенсивність і швидкість дії яких набагато перебільшує природні. Це призводить до значного прискорення цих процесів і супроводжується негативними, під час незворотними змінами функціонування водних об'єктів (зменшення здатності до саморегуляції та підтримки гомеостатичного рівня внутрішньосистемних процесів самовідновлення і самовідтворення, стійкості до зовнішніх впливів) та, як наслідок, погіршення якості вод.

Серед цих чинників найбільше значення для розвитку антропогенного евтрофування має надходження до водних об'єктів біогенних і органічних речовин, яке пов'язане з різними формами життєдіяльності людини.

Дослідження складових водних екосистем (підпрограма 4.1.1.2) запропоновано здійснювати шляхом визначення класичних гідрофізичних, гідрохімічних, еколого-діагностичних (біохімічних) характеристик. Перелік показників, що їх формують, наведено у табл. 1.

Використання функціональних біохімічних показників, які характеризують різні типи процесів, що відбуваються у водних екосистемах, дозволяє відстежувати відхилення від нормального стану в циклах загального обміну речовини та енергії в екосистемах. Суттєвою перевагою біохімічних показників, використання яких набуває значного поширення в екологічних дослідженнях, є поєднання точності хімічних методів з інтегральним характером оцінки, одержаної за допомогою біологічних методів.

Саме використання біохімічних методів дозволяє здійснити порівняльну характеристику інтенсивності процесів продукування та деструкції органічної речовини у водному середовищі та донних відкладах у різних водних об'єктах або їх ділянках, що в цілому дає можливість одержувати більш повну оцінку сучасного екологічного стану водної екосистеми.

Для більшості біохімічних параметрів нормативні значення зараз не встановлені, тому особливого значення набуває вибір фонових ділянок водних екосистем, які можуть слугувати еталоном для цих показників.

Особливої уваги заслуговує застосування експресних біохімічних методів аналізу, а також методів,

для яких можлива розробка автоматичних датчиків параметрів і методів їх дистанційного визначення, що могло б значно підвищити ефективність контролю в умовах надзвичайних ситуацій, до яких належать «шкідливе цвітіння ціанобактерій».

Результати підпрограм 4.1.1.1 та 4.1.1.2 не тільки визначають умови формування якості води у водному об'єкті, стан водної екосистеми і якість води, але й визначають необхідні при обґрунтуванні заходи щодо зниження рівня евтрофування у водному об'єкті.

Суттєвий внесок у своєчасне інформування про розвиток евтрофування поверхневих водних об'єктів дає використання методу дистанційного зондування Землі (ДЗЗ), що дозволяє одержувати оперативну оцінку ступеня еколого-медичної безпеки водокористування.

Визначення шляхом дистанційного зондування водної поверхні концентрації хлорофілу-а та пов'язаних з ним показників дозволяє характеризувати розподіл водоростей за акваторією за тих чи інших гідрометеорологічних умов і дає чітку інформацію щодо еколого-санітарної ситуації, що формується в місцях питних і технічних водозаборів, зон рекреації та на інших ділянках водних об'єктів. Основні інформаційні ознаки градацій розвитку евтрофування охоплюють як просторові частотні характеристики зон «цвітіння» вод, так і спектрально-яскравісні ознаки, пов'язані з особливостями поглинання і відбиття світлового потоку хлорофілом-а, концентрація якого відображає рівень розвитку біомаси фітопланктону. Це дозволяє оперативно приймати необхідні адекватні управлінські рішення щодо зменшення негативних еколого-медичних наслідків водокористування з евтрофованих водних об'єктів.

Ефективність методу оцінки ступеня безпеки водокористування з поверхневих водних об'єктів залежно від рівня їх евтрофування за даними космічного моніторингу було перевірено на практиці в процесі визначення оцінки ступеня безпеки водокористування для потреб населення у зоні, що прилягає до дамби Кременчуцького водосховища.

Одночасно з упровадженням програми 3.1.1, що включає 4 підпрограми (рис. 1, підпрограми 4.1.2.1–4.1.2.4), необхідно розпочинати впровадження програми медичних досліджень впливу водного фактору на умови мешкання та здоров'я населення 3.1.2.

Специфікою дослідження впливу водного фактору на умови мешкання та здоров'я населення є неможливість їх проведення безпосередньо на людях. Тому обов'язковим є проведення одночасних досліджень у населених пунктах, мешканці якого використовують питну воду з евтрофованих водних джерел, та у «фоновому» населеному пункті, в якому евтрофування відсутнє. При цьому у якості «фоновому» обирається населений пункт, близький до досліджуваного за основними характеристиками

Показники досліджень стану водних екосистем в умовах евтрофування

Характеристики			
Гідрофізичні	Гідрохімічні	Гідробіологічні	Біохімічні
<ul style="list-style-type: none"> • <u>Вода</u>: температура, прозорість, завислі речовини, кольоровість. <u>Донні відкладення</u>: колір, дисперсність, об'ємна вага скелету, пористість, природна та гігроскопічна вологість 	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Вода та донні відкладення</u>: рН, розчинений кисень, показники сольового складу водного середовища, загальний органічний вуглець, біогенні елементи (мінеральні форми азоту та азот загальний, фосфати та фосфор загальний), специфічні показники токсичної дії (вміст нафтопродуктів, фенолів, важких металів), альготоксини (мікроцистин) 	<ul style="list-style-type: none"> <u>Вода</u>: видовий склад, чисельність, біомаса, сапробність фітопланктону, зоопланктону і зообентосу, виявлення сезонної, добової та просторової (на різних ділянках водойми та по вертикалі) динаміки розподілу по акваторії водойми фітопланктонного угруповання, потенційна здатність до «цвітіння» природних вод (методом культивування водоростей), виявлення видового складу та чисельності водної мікофлори, визначення токсичності з використанням різних тест-об'єктів <u>Вода та донні відкладення</u>: загальна чисельність мікроорганізмів, чисельність сапрофітних мікроорганізмів, чисельність окремих фізіологічних груп, анаеробних та споруутворюючих мікроорганізмів 	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Вода</u>: величина первинної продукції, співвідношення продукційно-деструкційних процесів A/R, антиокислювальна активність, БСК та співвідношення БСК/ХСК, самоочисна здатність води, визначення токсичності з використанням біохімічних та імуноферментних методів <u>Вода та донні відкладення</u>: параметри окислюваності (ХСК, ПО, співвідношення ПО/ХСК), показники вмісту та співвідношення фотосинтетичних пігментів (хлорофіл «а», каротиноїди, індекс Маргалефа), ферментативна активність

(природно-кліматичні умови, чисельність населення, розвиток промисловості та ін.), але господарсько-питне водопостачання у якому здійснюється з підземних вод або з поверхневих неевтрофованих водних джерел.

Результати підпрограми 4.1.2.1 визначають умови мешкання населення за ступенем комфортності життя щодо водозабезпечення, особливості впливу евтрофування на характерні групи населення, які поділяються за рівнем життя, станом здоров'я, статтю та ін. На основі одержаних результатів окреслюються групи ризику (сенсibilізоване населення). Цей розподіл запропоновано здійснювати шляхом визначення: стану населення за демографічними показниками (чисельність, народжуваність, смертність, вікова та статевая структура); соціально-побутових умов та потреб населення щодо водного фактору (каналізованість, рівень забезпеченості централізованим водопостачанням, наявність гарячої води, витрати води на господарсько-питні потреби); медико-статистичних характеристик, що визнача-

ють рівень захворюваності статевих та вікових груп населення та різні нозологічні групи хвороб, які виділяються за близькістю ряду наступних ознак: причини, особливості розвитку, типові зовнішні прояви та характерні ураження органів і тканин.

Дослідження еколого-гігієнічного стану води та місцевих умов (4.1.2.4) запропоновано здійснювати шляхом визначення санітарно-токсикологічних та санітарно-епідеміологічних характеристик, спрямованих на з'ясування ролі ціанобактерій та окремих гідробіонтів (бактерій, грибів, водоростей, які перебувають у симбіотичних зв'язках з ними і є активними складовими ценозів відкритих водних об'єктів), у порушенні умов мешкання та впливу на здоров'я населення з виявленням найбільш небезпечних з гігієнічних позицій видів. Ці характеристики визначаються з використанням методів санітарної мікробіології, водної токсикології та екологічної гідрохімії. Вони виявляються за допомогою санітарно-токсикологічних (наявність токсичних властивостей) та санітарно-епідеміологічних показ-

ників (наявність патогенних організмів, які створюють небезпеку інфікування великих груп населення) і характеризують безпеку водокористування з евтрофованого водного об'єкту.

Різноманіття альготоксинів, наднизькі концентрації, висока лабільність цих сполук, нестача відомостей щодо специфічності їх продукування окремими видами водоростей, а також щодо характеру їх дії на тестові об'єкти, істотно ускладнюють проблему їх аналітичного контролю.

Серед сучасних аналітичних методів, що застосовуються для визначення токсинів водоростей у водному середовищі, можна виокремити такі основні напрямки:

– фізико-хімічні методи, що ґрунтуються на визначенні точної концентрації конкретних відомих речовин за їх певними, раніше встановленими, фізико-хімічними характеристиками;

– методи біотестування, що дозволяють оцінити загальну реакцію тестових організмів чи культур на дію токсинів незалежно від хімічної природи цих речовин, яка може бути на цей час не визначеною;

– біохімічні та імуноферментні методи, що займають середнє положення в цьому ряду: вони реагують на присутність і дію певних груп токсинів і поєднують універсальність біотестів із точністю фізико-хімічних методів.

Для розвитку патологічного процесу звичайно недостатньо одного етіологічного фактору, повинні існувати умови, що сприяють реалізації його патогенної дії. Тому одночасно з медичними проводяться екологічні дослідження щодо виявлення місцевих умов та можливих супутніх факторів, які сприяють зниженню порогу чутливості організму до негативного впливу на здоров'я населення господарсько-питного водопостачання з евтрофованого водного об'єкту (метеоумови, забрудненість повітря мікроорганізмами, у тому числі й патогенними, біологічна (фізіологічна) повноцінність води, яку споживає місцеве населення).

Для визначення загальної екологічної та генетичної безпеки стану наземних екосистем і виявлення можливого впливу несприятливої екологічної ситуації на здоров'я населення до програми включено цитогенетичні методи інтегральної характеристики екологічної ситуації за загальним мутагенним фоном (мікроядерний тест).

Особливістю екологозалежних захворювань внаслідок порушень відношень організму та середовища його мешкання є те, що вони вражають не кожний індивідуум, а лише певну частину популяції. За результатами аналізу даних медичної статистики виділяється (сенсibilізована) група населення (4.1.2.2) з підвищеним ступенем небезпеки захворюваності, яка у подальшому обстежується із залученням медичних методів досліджень (4.1.2.3). Дослідження сенсibilізованого населення (група ризику) запропоновано здійснювати шляхом

визначення імунологічних характеристик (дослідження імунного статусу населення) та розроблення імунодіагностикуму.

Визначення імунологічних характеристик пов'язане з тим, що імунна система є основною ланкою збереження гомеостазу організму при впливі різних факторів зовнішнього середовища. Тому медико-екологічні дослідження починаються з проведення комплексного клініко-експериментального імунологічного обстеження представників групи ризику. Вивчення імунного статусу обстежуваних цієї групи спрямоване на виявлення алергенів, які є етіологічним фактором його захворюваності, у першу чергу, ознак імунного відгуку на присутність токсинів та метаболітів СЗВ (наявність специфічних антитіл). В якості контрольної групи можуть бути обрані мешканці «фонового» населеного пункту.

Одночасно проводяться дослідження щодо розроблення діагностичних препаратів зі свіжовиділених токсичних штамів СЗВ евтрофованого водного об'єкту. Зазвичай це представники родів *Microcystis*, *Anabaena* та *Aphanizomenon*. Одержаний антигенний ціанобактерійний діагностикум використовується для проведення експресних імунодіагностичних досліджень населення групи ризику.

На основі аналізу результатів медико-екологічних досліджень сенсibilізованого населення розроблюються медико-екологічні оцінки впливу ціанобактерій на умови мешкання та здоров'я населення проблемного регіону, впроваджуються методи і заходи (табл. 2) щодо профілактики та корекції їх порушень, що має важливу медико-екологічну і соціальну значимість.

Програми екологічних та медичних досліджень в подальшому слугують науково-методичним підґрунтям моніторингу впливу процесів евтрофування на умови мешкання населення.

Результати досліджень за кожною з програм моніторингу являють собою екологічне оцінювання стану водних екосистем (якості вод) і оцінювання безпеки мешкання населення за водним фактором відповідно.

До складу моніторингу входять не тільки дослідження еколого-медичної безпеки водного фактору, а також обґрунтування управлінських рішень, спрямованих на досягнення еколого-медичної безпеки (рис. 1). Ці рішення розробляються у трьох напрямках: водоохоронні технології (п. 2.2.1), організаційні заходи (п. 3.2.2), вдосконалення нормативно-правової бази (п. 3.2.3).

На рис. 1 кожен з цих напрямків деталізується на основі рекомендованої послідовності їх здійснення. Послідовність визначена з урахуванням практики рішення аналогічних проблем. При виборі водоохоронних технологій запропоновано спочатку розглядати впровадження екологічно безпечного водовідведення (п. 4.2.1.1), далі розглядаються технічні рішення стосовно питного водозабору (п. 4.2.1.2),

Таблиця 2

Перелік заходів оперативно-попереджувального змісту, які спрямовані на зменшення безпосереднього впливу на водокористувачів води евтрофованих водних об'єктів

Вміст хлорофілу «а», мкг/дм ³	Оцінка впливу евтрофування на стан природно-антропогенної системи	Прогнозування розвитку фітопланктону методами ДЗЗ	Рекомендації (заходи) щодо еколого-соціального забезпечення «цвітіння» поверхневих вод і її зменшення		
			Рекомендації (заходи) щодо еколого-соціальних рішень	Рекомендації (заходи) щодо технічних рішень	
			Щодо спостережень за станом вод	Щодо соціальних рішень	
1	2	3	4	5	6
< 1	Відсутність будь-яких проявів негативного впливу.	Малоймовірне погіршення наявного (I категорія) стану	Відповідно до рекомендацій щодо регламенту спостережень для вод I–II категорій.	Дозволяються всі види водокористування, в тому числі відповідні до існуючих дозволів на спеціальне водокористування.	Робота систем водопідготовки у штатному режимі.
1–10	Поява пливків на поверхні води, пригніблення функціонування особливо чутливих організмів. Перешкоди при водопідготовці, просакування живих клітин водоростей.	Ймовірне погіршення наявного (II категорія) стану.	Відповідно до рекомендацій щодо регламенту спостережень для вод III–IV категорій.	1. Попередити населення про можливість погіршення якості води 2. Попередити водогосподарські установи про можливість погіршення екологічної ситуації.	1. Посилення контролю за роботою споруд водопідготовки. 2. Підвищення витрат коагулянтів, часу відстоювання води.
11–50	Поява шару спливаючих водоростей, порушення збалансованості продукції і деструкції, уповільнення самоочищення, зміна видової і популяційної розмаїтості. Ускладнення процесів водопідготовки. Погіршення мікробіологічних показників води, поява запахів, присмаків.	Вельми ймовірне погіршення наявного стану (III категорія).		1. Попередити населення про необхідність тривалого кип'ятіння водогінної води. 2. Рекомендувати населенню застосування побутових засобів доочистки води (фільтрів тощо) 3. Обмежити рекреаційне водокористування. Попередити водогосподарські установи про можливість виникнення екологічно несприятливої ситуації.	1. Посилення дезінфекції води. 2. На майбутнє – розробка рекомендацій щодо модернізації систем водопідготовки.

Закінчення таблиці 2

1	2	3	4	5	6
51-100	<p>Утворення плям «цвітіння» і нагонних мас водоростей, різке погіршення якості води, пригноблення функціонування багатьох гідробіонтів аж до заморів; мікробіальне забруднення вод. На системах водопідготовки забивання фільтрів, обростання устаткування. Поява запахів і присмаків, альготоксинів; погіршення стану здоров'я найбільш чутливих груп населення.</p>	<p>Погіршення наявного стану (IV категорія).</p>	<p>Відповідно до рекомендацій щодо регламенту спостережень для вод III-IV категорії.</p>	<p>1. Рекомендувати населенню вживання бутильованої води. 2. Заборонити рекреаційне водокористування. 3. Підсилити перевірку водопідготовки підприємств, що вживають в технологічному процесі воду за ГОСТ «Вода питна». 4. Рекомендувати медичним установам розробити профілактичні заходи для сенсифікованої частини населення.</p>	<p>1. Задіяти додаткові засоби очистки (наприклад, активоване вугілля). 2. На майбутнє – виробка рекомендацій щодо створення нових систем додаткової очистки води.</p>
>100	<p>Товщина шару скучення водоростей досягає декількох см, відбувається інтенсивне забруднення вод, росте їх токсичність, спостерігаються замори безхребетних і риб, відбувається деградація екосистеми. Водний об'єкт не може бути використаний як джерело питного водопостачання.</p>	<p>Значне погіршення наявного стану (V категорія)</p>	<p>Відповідно до рекомендацій щодо регламенту спостережень для вод V категорії.</p>	<p>1. Попередити водогосподарські установи про можливість тимчасової заборони на використання джерела водо забезпечення. 2. Рекомендувати медичним установам підсилити протиепідеміологічний контроль щодо екологічно обумовлених захворювань.</p>	<p>Перехід на альтернативні джерела водозабезпечення.</p>
			<p>Скорочена оцінка.</p>	<p>1. Заборонити використання водного об'єкту як джерела питного водопостачання 2. Винести питання про оголошення надзвичайного стану.</p>	

наприкінці – розглядаються біологічні методи поліпшення стану екосистем (п. 4.2.1.3).

Аналогічно пропонується здійснювати організаційні заходи (п. 3.2.2) при виконанні його елементів (п.п. 4.2.2.1 – 4.2.2.4) та вдосконалення нормативно-правової бази (п.3.2.3), що складається з одного – з розробки пакету документів, діяльності в галузі водокористування і водоохорони (п. 4.2.3.1).

Запропонований методичний підхід апробовано при проведенні екологічних та медичних досліджень причин виникнення спалахів екзогенного алергічного альвеоліту в одному з дніпровських регіонів. При використанні цього підходу дослідження умов мешкання сенсibilізованої групи знаходяться у площині медицини, яка вивчає стан здоров'я населення та чинники, що його формують.

Дослідження еколого-медичної безпеки водного фактору здійснювалося з допомоги технології дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) на основі даних, що були отримані від штучних супутників Землі. На основі отриманих даних оцінювався вміст хлорофілу – а у водних об'єктах, що досліджуються. З урахуванням визначеного вмісту хлорофілу–а визначався рівень евтрофування (стовп. 2 «Оцінка впливу евтрофування на стан природно-антропогенної системи» та стовп. 3 «Прогнозна оцінка ситуації за аналізом супутникових знімків і показників фітопланктону» табл. 2).

На основі аналізу отриманих даних розроблюються «Управлінські рішення, спрямовані на досягнення еколого-медичної безпеки» (рис. 1). Вони носять попереджувальний зміст і включають заходи, що наведені у стовп. 4, 5, 6 табл. 2.

При визначенні відповідних категорій якості водойм за рівнем їх евтрофування органи центральної, місцевої влади та органи місцевого самоврядування можуть спиратися на розроблені оперативно-переджувальні рекомендації (заходи) щодо еколого-соціальних і технічних рішень та організувати виконання цих рекомендацій у відповідних населених пунктах. Такі дії владних структур забезпечуватимуть своєчасний захист населення і зменшать негативний вплив евтрофування водних об'єктів.

Результати, одержані при проведенні досліджень за запропонованою програмою, є науковим обґрунтуванням для прийняття управлінських рішень, спрямованих на збереження здоров'я населення і оздоровлення евтрофованих водних екосистем. Для

цього потрібно створити національні та/або місцеві системи спостереження і раннього попередження. Робота над такими системами перебуває на початковому етапі. Поки ще не створені ефективні системи для виявлення одиничних випадків захворювань, пов'язаних з використанням води в рекреаційних цілях (наприклад, із забрудненням води токсичними речовинами). Спалахи захворювань лише в рідких випадках реєструються як такі через відсутність або неадекватність систем інформування.

За результатами досліджень можна зробити висновки.

1. Процеси урбанізації та технічного прогресу є загрозою антропогенного евтрофування водних об'єктів і погіршення умов водокористування, що набуло глобальних розмірів і стало актуальною проблемою сучасності. В Україні антропогенне евтрофування водних об'єктів зростає за масштабами.

2. На сьогодні особливо актуальним стають проведення моніторингу евтрофування та його негативних наслідків, а також розробка за його результатами управлінських рішень, спрямованих на забезпечення реалізації конституційних прав громадян України на безпечне довкілля, життєдіяльність та раціональне використання водних ресурсів.

3. Розв'язання цього важливого і складного науково-практичного завдання потребує нового науково-методичного міждисциплінарного підходу, який на відміну від інших відомих з наукових інформаційних джерел, полягає у поєднанні взаємоузгоджених та взаємодоповнених уявлень щодо якісного стану водних екосистем як унікальних компонентів природних ландшафтів і впливу водного фактору на стан здоров'я та умови життєдіяльності населення. Отже, передбачено сумісний розгляд екологічного, ресурсного та соціального (медичного) аспектів проблеми.

4. Висвітлення концептуальних напрямів побудови з екологічних та соціальних (медичних) позицій програми моніторингу стану та можливого впливу евтрофованих водних об'єктів на умови життєдіяльності населення, реалізація власного позитивного досвіду з її апробації сприятимуть подальшому впровадженню запропонованого підходу у практику управління водокористуванням населених пунктів, розташованих на евтрофованих водних об'єктах для підвищення екологічної та соціальної (медичної) безпеки водокористування як складової реалізації Концепції сталого розвитку міст.

Література

1. Постанова Верховної Ради України «Про Концепцію сталого розвитку населених пунктів» (№ 1359-XIV від 24 грудня 1999 р.).
2. Закон України «Про державне прогнозування та розроблення програм економічного і соціального розвитку України» (№ 1602-III від 23 березня 2000 р.).
3. Данилишин Б.М., Дмитрієва О.О. Державна цільова екологічна «Програма упорядкування водовідведення в населених пунктах України» як основний документ перспективного розвитку водокористування в країні// Науково-практич. журнал «Вода. Водоочисні технології» – 2006. – № 3 (19), – С. 17–22.
4. Дмитрієва О.О. Екологічно безпечне водокористування у населених пунктах України. – К.: Рада по вивченню продуктивних сил України НАН України, 2008. – 459 с.

5. Toxic Cyanobacteria in Water. By I. Chorus and J. Bartram. – London and New York, 1999. – P. 114–140.
6. Braude A.I. 1982. Microbiology. Edited by C.E. Davis and J.Fierer, W.B. Saunders Company, Toronto. Ont. pp. 63-73, 796-800.
7. Bernstein J.A., Bernstein I.L. Allergenicity of cyanobacteria. <https://www.access-science.com/content/allergenicity-of-cyanobacteria/YB130092>.
8. Bioaerosols in the Earth System: Climate, Health, and Ecosystem Integrations. 16 authors. 016. Електронний ресурс: <https://www.researchgate.net/publication/306022972>.
9. Wood, S.A., Dietrich, D.R. Quantitative assessment of aerosolized cyanobacterial toxins at two New Zealand lakes. J. Environ. Monit. 2011. Jun; 13(6): 1617-1624.
10. Директива 2000/60/ЄС Європейського Парламенту і Ради «Про встановлення рамок діяльності Співтовариства в галузі водної політики» від 23 жовтня 2000 року (Водна рамкова директива).
11. Директива 91/271/ЄЕС від 21 травня 1991 року стосовно очистки міських стічних вод.
12. Коляда Т. И. О роли цианобактерий и их симбионтов в возникновении вспышек острых легочных аллергозов / Коляда Т. И., Дмитриева Е. А., Калиновский С. В. // Аллергия, иммунология и глобальная сеть: взгляд в новое тысячелетие : Мат-лы VII Междунар. конгресса по иммуно реабилитации (Нью-Йорк, США, 14–17 апреля 2001 г.). – International Journal on Immunorehabilitation: 2001. – V. 3 / № 1. – ISSN 1562-3629
13. Дмитриева Е. А. Социально-экологические проблемы качества воды водоемов – источников питьевого водоснабжения / Дмитриева Е. А., Игнатенко Л. Г., Колдоба И. В. // Коммунальное хозяйство городов. – К.: Техніка. – 2004. – Вып. 55. – С. 50–59.
14. Звіт про науково-дослідну роботу за темою № 11/2.1.-17 «Науково-методичне обґрунтування програми моніторингу впливу гірничо-збагачувальних комбінатів, розташованих на евтрофних водоймах України, відповідно до вимог ЄС» / Міністерство екології та природних ресурсів України, НДУ УКРНДІЕП, Харків, 2017. 479 с.
15. Дмитриева О.О., Колдоба І.В. Міждисциплінарний підхід до оцінювання еколого-соціальної безпеки водних об'єктів – джерел господарсько-питного водопостачання / О.О. Дмитриева., І.В. Колдоба // Екологічна безпека та природокористування. Збірник наукових праць. / Київський нац. університет будівництва і архітектури/Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору. – Випуск 11, Київ – 2012. – С. 126–130.