

**ТЕОРЕТИЧНА КОНЦЕПЦІЯ ФОРМУВАННЯ ЕКОЛОГО-НЕБЕЗПЕЧНИХ РИЗИКІВ
У ПРОЦЕСІ РОЗВИТКУ ТЕХНОПРИРОДНИХ ВОДНИХ ЕКОСИСТЕМ****В. М. Ісаєнко, С. М. Маджд**

Національний авіаційний університет

просп. Космонавта Комарова, 1, м. Київ, 03680, Україна. E-mail: madzhd@i.ua

Висвітлено шляхи досягнення екологічної безпеки розвитку техноприродних гідроєкосистем. Доведено, що одним із основних заходів природоохоронного режиму р. Ірпін є регулювання гідрохімічного складу техногенно-змінених водних систем (екологічний банк даних). Засвідчено, що для запобігання еколого-небезпечних ризиків в процесі функціонування техногенно-зумовлених водних систем є необхідним створення сучасних інформативних інтегральних екотехнологій контролю за зміною інтенсивності внутрішньоводоймних процесів, на основі яких здійснюється розроблення біоінженерних споруд щодо зниження рівня якісного виснаження вод. Встановлено, що в процесі розвитку техноприродних систем відбувається часткова втрата їх природоємності внаслідок формування балансу техноємності. Водночас, показано, що відбувається збереження балансу екологічного резерву, стосовно функціонування техноприродних систем за рахунок компенсаційного механізму біотичної саморегуляції екосистем. Індикатором зниження дії еколого-небезпечних ризиків стають їх кількісні градації: встановлено, що досягнення раціонального природокористування для техноприродних систем є можливим за умов низьких ризиків стабільного їх розвитку.

Ключові слова: техноприродна водна система, внутрішньоводоймні процеси.

**ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ КОНЦЕПЦИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ЭКОЛОГО-ОПАСНЫХ РИСКОВ
В ПРОЦЕССЕ РАЗВИТИЯ ТЕХНОПРИРОДНЫХ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ****В. Н. Исаенко, С. М. Маджд**

Национальный авиационный университет

просп. Космонавта Комарова, 1, г. Киев, 03680, Украина. E-mail: madzhd@i.ua

Отражены пути достижения экологической безопасности развития техноприродных гидроэкосистем. Доказано, что одним из основных мероприятий природоохранного режима г. Ирпень есть регулирование гидрохимического состава техногенно-изменённых водных систем (экологический банк данных). Удостоверено, что для предотвращения эколого-опасных рисков в процессе функционирования техногенно-обусловленных водных систем, является необходимым создание современных информативных интегральных экотехнологий контроля за изменением интенсивностями внутриводоемных процессов, на основе которых осуществляется разработка биоинженерных сооружений относительно снижения уровня качественного истощения вод. Установлено, что в процессе развития техноприродных систем происходит частичная потеря их природоёмкости в результате формирования балансу техноёмкости. В то же время, показано, что происходит сохранение балансу экологического резерва относительно функционирования техноприродных систем за счёт компенсационного механизма биотической саморегуляции экосистем. Индикаторами снижения действия эколого-опасных рисков становятся их количественные градации: установлено, что достижение рационального природопользования для техноприродных систем является возможным при условиях низких рисков стабильного их развития.

Ключевые слова: техноестественная водная система, внутриводоемные процессы.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Одним із пріоритетних та актуальних завдань сучасності є забезпечення еколого-небезпечних умов розвитку річкових-водних систем урбанізованих територій, які є об'єктами питного, рибогосподарського та рекреаційного призначення, а для малих річок, розташованих на урбанізованих територіях – покращення їх еколого-естетичного стану.

У зв'язку з цим виникає необхідність здійснення прогностичної оцінки стану техноприродних систем (ТПС) при врахуванні потенційно-можливих екологічних ризиків, обумовлених дією специфічних модифікуючих (антропогенних) факторів, які спричинюють трансформацію структур і функцій екосистемних процесів, посилюючи якісне виснаження вод. Тому одним із головних завдань водокористування річкових гідроєкосистем, відповідно Водного кодексу України [1], є попередження змін екологічного стану річок в ході здійснення водоохоронних заходів.

Дієвим засобом у напрямку охорони водних ресурсів є комплексний екосистемний підхід визначення їх екологічного стану в системі «техногенний вплив-наслідки впливу», який передбачає:

- по-перше, розроблення інформативних інтегральних систем (екотехнологій) контролю, що дозволить виявити структурно-функціональні зміни ТПС та спрогнозувати їх стану на перспективу;

- по-друге, доцільність забезпечення просторово-часової ієрархії досліджень з метою визначення факторних гідрохімічних ознак та функціональних закономірностей розвитку техногенно-зумовлених (техногенез) гідроєкосистем;

- по-третє, виявлення структурних параметрів, які змінюються за умов штучних дестабілізуючих чинників та впливають на екологічну ситуацію в гідроєкосистемах, змінюючи їх функції;

- по-четверте, визначення наслідків взаємодії екологічних та антропогенних факторів (середовищотворююча функція) для всієї досліджуваної структурної певної ділянки басейну Дніпра.

Таким чином, для визначення еквіваленту промислового техногенезу необхідні такі екотехнології, які дозволять охарактеризувати зворотній та незворотній деградаційні процеси в зонах техногенного впливу на водні системи (інтегральні екотехнології контролю). Ці технології мають створювати такі

умови розвитку водних систем, за яких не відбувається порушення компенсаційного механізму біотичної саморегуляції вод (інженерні штучні біосистеми-екотехнології). До того ж слід зазначити, що інформативно-діагностичні екотехнології контролю та штучні інженерні біосистеми носять опосередкований характер на шляху впровадження природоохоронних заходів у тому сенсі, що еколого-збалансований розвиток забезпечується відносно (для техногенно-зумовлених систем), оскільки відбувається лише в межах певних ділянок річок. Але цей тактичний захід щодо покращення екологічного стану гідроекосистем, наприклад гірлової ділянки річки Ірпінь, може бути успішно застосований і для інших ділянок рівнинних річок України.

Складові якої пов'язані між собою функціонально, що дає змогу прослідкувати стан гірлової ділянки річки Ірпінь від джерела основного техногенного забруднення (річка Нивка, права притока річки Ірпінь) через розкриття факторних ознак техногенних впливів на руслові ділянки річки Ірпінь. І нарешті, кінцевою метою є формування потенційно-можливих екологічно-небезпечних впливів на пригірлову, прибережну ділянку Київського водосховища (сел. Казаровичі).

Стосовно характеристики основних методів слід зазначити наступне: комплексна структурна одиниця ТПС включає такі складові (підсистеми):

а) ділянка р. Нивка, де відбувається скид зворотних вод від техногенних об'єктів в тому числі, підприємств цивільної авіації, права притока р. Ірпеня;

б) гідроствори на р. Ірпінь – сел. Мостище, смт. Гостоміль, сел. Казаровичі;

в) всі складові зв'язані між собою гідрографічно і функціонально, загальна довжина системи приблизно 60 км, а вся довжина р. Ірпінь – 162 м, об'єм – 54002 млн. м³;

г) дані екологічного моніторингу р. Ірпінь державних контрольних установ України за станом водних ресурсів [2, 3] за десятирічний період;

д) методологія контролю (нормативна) використана із джерел [4, 5].

Методологія досліджень відповідає основним положенням Закону України «Про затвердження загальнодержавної програми розвитку водного господарства та оздоровлення басейну річки Дніпро на період до 2021 року», яким передбачено запровадження в Україні інтегрального управління водними ресурсами з метою досягнення соціально-економічного стану водойм без заподіяння збитків стійкості життєво-важливих екосистем та можливості їх самовідновлення [1, 6]. Прийняття такого закону обумовлено тим фактом, що у басейновому розрізі найбільші об'єми скидів зворотних вод припадає саме басейну Дніпра – 802 млн. м³/рік [6]. Такий високий рівень забрудненості вод басейну обумовлений не лише надходженням до Дніпра хімічних сполук антропогенного походження від промислових виробництв, а й поверхневого стоку урбанізованих територій [7], сільськогосподарських скидних вод [6], тощо. В зв'язку з цим важливою еколого-економічною проблемою постає визначення екологічного стану річок, які формують гідрохіміч-

ну та гідрологічну ситуацію басейну Дніпра (створення банку даних).

Окремо слід зазначити, що водогосподарські системи (підприємство-водний об'єкт, урбанізовані території-водний об'єкт, сільськогосподарські скидні водні об'єкти) завдяки комплексності ТПС (елементів) виконують спільні функції та пов'язані між собою. Ці зв'язки бувають непростими і тому досліджувати їх необхідно з позиції системного підходу, який являє собою сукупність засобів, що використовуються для обґрунтування природоохоронних заходів, в тому числі наукового і технічного характеру.

Мета роботи – вирішення екологічних проблем пов'язаних із покращенням екологічного стану ділянки комплексної гідрографічної структури басейну Дніпра.

МАТЕРІАЛИ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ.

При виконанні наукової роботи застосовано екосистемний принцип та басейновий підхід, що дозволяє:

- охарактеризувати гідрохімічну, гідрологічну та функціональну складові комплексної ТПС гірлової ділянки р. Ірпінь;

- встановити структурні елементи гідроекосистем, які гідрографічно взаємопов'язані між собою та функціонально взаємодіють за умов дії дестабілізуючих антропогенних факторів, що призводить до формування екзоризиків в процесі розвитку техногенно-зумовлених водних екосистем;

- встановити особливості структурно-функціональних перетворень у внутрішньоводоймних процесах, що призводить до формування ендоризиків розвитку ТПС, індикатором яких є інтенсивність компенсаційного механізму біотичної саморегуляції вод;

- встановити інтегральні складові компенсаційного механізму внутрішньої саморегуляції вод на основі визначення факторних закономірностей у взаємозв'язках та взаємодії екологічних та антропогенних факторів стосовно інтенсивності механізму внутрішньоводоймних процесів у екосистемах;

- запропонувати, на основі отриманих знань щодо особливостей екосистемних процесів розвитку ТПС сучасні біоінженерні екотехнології [8, 9] для покращення екологічного стану р. Нивка (джерела основного техногенного навантаження на р. Ірпінь) та попередження еколого-небезпечних екзоризиків впливу на русло гірлової ділянки р. Ірпінь і пригірлової прибережної зони Київського водосховища.

Слід зазначити, що на формування наукових завдань проведення досліджень, вплинув вибір, безпосередньо, об'єкту експериментальних робіт. Саме таким об'єктом стала комплексна певна гідрографічна ділянка басейну Дніпра (гірлова зона р. Ірпінь). Такий вибір об'єкту дослідження узгоджується із ієрархічними екосистемними принципами досліджень техногенно-змінених систем законів загальної екології [10], факторними підходами встановлення наукових закономірностей розвитку ТПС [11] та рекомендаціями міжнародних правових організацій щодо доцільності та необхідності розробки індикаторів [12] поетапних змін екосистемних процесів при дії специфічних модифікуючих (антропогенних) факторів.

Комплексна гідрографічна структура ТПС, завдяки наявності різних підсистем (гідроекосистем), забезпечує різні функції їх екосистемного розвитку [13], що обумовлює послідовність екологічної оцінки їх стану:

- 1) аналіз кінцевої мети, яка реалізується при виконанні поставлених завдань;
- 2) розроблення та обґрунтування критеріїв визначення еколого-небезпечних екзо- та ендоризиків в процесі розвитку ТПС;
- 3) застосування статистично-вірогідного підходу щодо оцінки еколого-небезпечних ситуацій в реальних екосистемах річок.

Характеристика досліджуваної ділянки р. Нивка детально висвітлена в роботах [14, 15]. Основний висновок щодо попередніх проведених досліджень наступний: понаднормативний вміст нафтопродуктів, іонів важких металів (Cu^{2+} , Zn^{2+} , Cr^{6+}) за індивідуальними показниками; перевищення гранично-допустимих концентрацій (ГДК) за сумарними показниками ХСК (хімічне споживання кисню) та БСК (біохімічне споживання кисню) у декілька разів; гостра токсичність забруднених вод за нормативними методиками біотестування [16]; зниження коефіцієнту самоочищаючої здатності вод до критичних величин – $\leq 0,2$ (в межах одиниці).

Найбільшу небезпеку для функціонування водних екосистем р. Нивка представляють іони важких металів, які є постійними складовими природних водних систем, гідрохімічний стан яких залежить від їх фізико-хімічних та біохімічних властивостей. Тобто вони передбачають екологічний стан водних систем (табл. 1).

Таблиця 1 – Фізико-хімічна та біохімічна характеристика властивостей іонів важких металів

Властивості	Cu^{2+} , мг/дм ³ ,	Zn^{2+} , мг/дм ³ ,	Cr^{6+} , мг/дм ³ ,
Біохімічні	В*	В	В
Токсичність	П*	П	П
Консергованість	-	-	П
Мінеральна форма розповсюдження	Н*	Н	Н
Органічна форма розповсюдження	В	В	В
Збагачення аерозолів	В	В	В
Рухомість	П	П	П
Тенденція до біоконцентрування	П	П	П
Ефективність накопичення	В	В	В
Комплексоутворююча здатність	В	В	П
Схильність до гідролізу	В	В	Н
Розчинність сполук	В	В	В

Примітка: * В – висока, П – помірна, Н – низька

Іони важких металів, знаходяться у воді в трьох фазах: завислі частки, колоїдні частки та розчинні сполуки [17], що сприяє їх міграції та впливу на пластичний метаболізм (процеси анаболізму та катаболізму). Крім того слід зазначити, що іони важких металів (Cu^{2+} , Zn^{2+} , Cr^{6+}) перебувають у воді на

65-80% у розчиненому стані, а для 20-35% притаманна матеріальна кумуляція в донних відкладах і рослинах.

У зв'язку з властивостями іонів важких металів для їх досліджень виділяють такі системи їх транслокації: *грунт-вода-гідробіоценози* за різних пір року в тому числі і питання еколого-небезпечних ризиків у зв'язку із потенційно-можливою ушкоджуючою їх дією [18].

У попередніх дослідженнях стосовно екологічного стану гирлової ділянки р. Ірпінь за індексом забрудненості води визначені інтегральні показники (індекси) за:

- сольовим складом;
- трофосапробіологічним станом;
- специфічними токсичними компонентами.

На основі цих показників розрахована об'єднана оцінка інтегрального або екологічного індексу (I_e), що дала змогу визначити клас якості вод [5, 19–20]:

$$I_e = (I_1 + I_2 + I_3) / 3,$$

де блок сольового складу, загальні показники – I_1 ; блок трофо-сапробіологічних показників, що характеризує властивості водного об'єкту в порівнянні із ГДК, коли інгредієнти змінюються в залежності від техногенних чинників – I_2 ; блок показників токсичної дії екотоксикантів антропогенного походження, притаманних для даного водного об'єкту – I_3 .

В ході розрахунків встановлено, що у 98% випадків для гирлової ділянки характерним є IV клас якості вод (забруднені води) і лише у 2% випадків – помірно-забруднені та брудні води (відповідно III та II класи якості вод). В ході проведення наукових робіт засвідчено, що відбуваються втрати «живої» і «неживої» природи.

Типовими показниками та їх параметрами змін абіотичного середовища існування біоти є зміна речовинно-енергетичного балансу за сумарними показниками та інтегральними системами за ІЗВ.

Супутніми визначальними показниками є вміст іонів амонію, який характеризує токсикологічний ефект впливу хімічних сполук антропогенної дії [20]; якщо вміст азоту амонійного знаходиться на рівні 0,2-0,3 мг/дм³, тоді якість води у водоймі відноситься до III класу якості вод, а 0,4-1 мг/дм³ – забруднені води (IV клас), 1,1-3,0 мг/дм³ – брудні води (V клас).

Цей показник належить до найбільш важливих параметрів абіотичних факторів, який характеризує окисно-відновні процеси та є лімітуючим фактором для ряду гідробіонтів. Тому, при визначення класу якості природних вод обов'язково враховується і рівень насиченості води киснем (%), який, як правило, узгоджується із ступенем забрудненості вод. У нашому випадку він має такі коливання, %:

- для помірно-забруднених вод – 60-65;
- для забруднених вод – 50-55;
- для брудних вод – 20-25.

Крім того, при оцінці якості води був врахований і вміст іонів важких металів, нафтопродуктів, загальний екологічний індекс за ІЗВ. Таким чином, екологічна оцінка якості природних вод дає інформа-

цію про стан води, як складової водної системи, життєвого середовища гідробіонтів, складової частини природного середовища людини [11].

Зміни речовинно-енергетичного балансу та механізму пластичного метаболізму хімічних сполук дали змогу висунути гіпотезу, щодо змін механізму інтенсивності внутрішньоводоймних процесів, інтегральним показником яких є компенсаційний механізм біотичної саморегуляції.

Підтвердженням цього стала трансформація балансу екологічної ємності – фундаментальної основи існування природних екосистем, внаслідок формування в його межах балансу техноємності [8]. Структурно-функціональні особливості механізму інтенсивності внутрішньоводоймних процесів представлені на рис. 1.

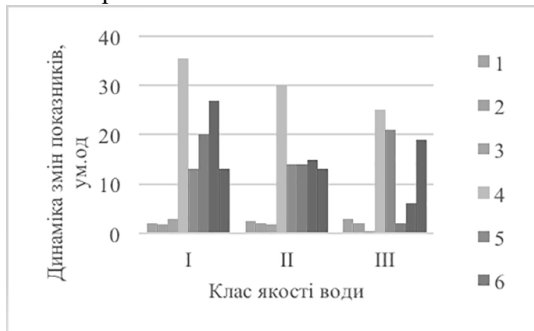


Рисунок 1 – Передумови змін компенсаційного механізму біотичної саморегуляції ТПС:
 1 – загальний економічний індекс за ІЗВ;
 2 – критерій рівня механізму пластичного метаболізму хімічних сполук антропогенного походження; 3 – індикатор еколого-небезпечних ризиків для процесів розвитку і функціонування ТПС

З рисунку випливає, що інтегральні складові інтенсивності внутрішньоводоймних процесів в результаті впливу специфічних модифікуючих (антропогенних) факторів (сезонні дані математично-статистичних розрахунків да 10 років) характеризують: I, II, III – класи якості води; 1 – загальний екологічний індекс за ІЗВ; 2 – індекс техногенних впливів; 3 – критерій рівня механізму пластичного метаболізму; 4 – критерій балансу екологічної ємності; 5 – критерій балансу техноємності; 6 – індикатор збереження рівня екологічного резерву в ТЗВС; 7 – індикатор рівня компенсаційного механізму біотичної саморегуляції вод; 8 – індикатор втрати природоємності ТЗВС

Основою для графічного зображення на рис. 1 стали запропоновані нами критерії – інтегральні показники та їх параметри (табл. 2). При розробці критеріїв були враховані тактичні (еколого-технічні) підходи їх створення [12].

Стосовно аналізу даних таблиці слід зазначити:

- розробка всіх критеріїв оцінки ТПС (крім екологічного індексу за ІЗВ) виконана на пріоритетному рівні;
- всі критерії мають комплексний інтегральний характер та встановлені на рівні середніх показників;
- структурно-функціональні особливості розвитку ТПС пов'язані із формуванням захисних пристосувальних реакцій у відповідь на зміни середовища свого існування;

судальних реакцій у відповідь на зміни середовища свого існування;

- реадптація гідробіонтів призвела до зміни ушкоджуючої дії екотоксикантів антропогенного походження (за токсичною дією, за збереженням екологічного балансу біотичної компоненти вод, тощо).

Таблиця 2 – Фізико-хімічна та біохімічна характеристика властивостей іонів важких металів

Еколого-технічні показники та їх параметри	Помірно-забруднені води (III клас якості вод), контроль	Забруднені води (IV клас якості вод)	Брудні води (V клас якості вод)
Загальний екологічний індекс за індексом забрудненості води (ІЗВ)	2,0	2,5	3,0
Індекс техногенних впливів за хімічним споживанням кисню (сумарний показник)	1,7	2,0	2,5
Критерій рівня ефективності пластичного метаболізму хімічних сполук антропогенного походження	3,5	1,5	0,5
Критерій балансу екологічної ємності	35,0	30,0	25,0
Критерій балансу техноємності	13,0	17,0	21,0
Критерій рівня збереження екологічного резерву щодо біотичної компоненти	20,0	14,0	2,0
Критерій рівня біотичної саморегуляції вод ТПС	27,0	17,0	6,0
Критерій втрати природоємності ТПС	13,0	17,0	21,0

Взагалі, встановлені факторні закономірності структурно-функціональності екосистемних процесів є наслідком змін у взаємозв'язках та взаємодії екологічних та дестабілізуючих факторів в межах внутрішньої саморегуляції техноприродних систем. Водночас слід зазначити, що збереження балансу екологічного резерву за біотичними чинниками дає сподівання на відносно стабільний розвиток ТПС в межах певного класу якості вод.

Для вирішення зазначеної проблеми відносно формування еколого-небезпечних ризиків при функціонуванні і розвитку ТПС та попередження їх виникнення нами розроблені методичні підходи, які базуються на науковій програмі досліджень, концептуальним аспектом якої є базовий принцип інженерної екології [11] – мінімізація інтегральних втрат природоємності ТПС.

Саме системний аналіз здійснення наукових і технічних робіт, який ґрунтується на застосуванні математичного апарату та інтегрального оцінювання екологічного стану гідроекосистем р. Ірпінь за умов повної невизначеності водогосподарських систем дозволяє досягти екологічно-безпечного використання водних ресурсів. Рациональне водокористу-

вання, як мета досліджень носить загальний характер і тому її необхідно конкретизувати, що досягається декомпозицією на окремі складові, сукупність яких і формує загальну мету. Програма досліджень, спрямованість яких носить екосистемний характер, що дозволяє охарактеризувати всі етапи екологічного техногенезу відносно розвитку техногенно-зумовлених гідроекосистем р. Ірпінь (гірлова ділянка) представлена на рис. 2.

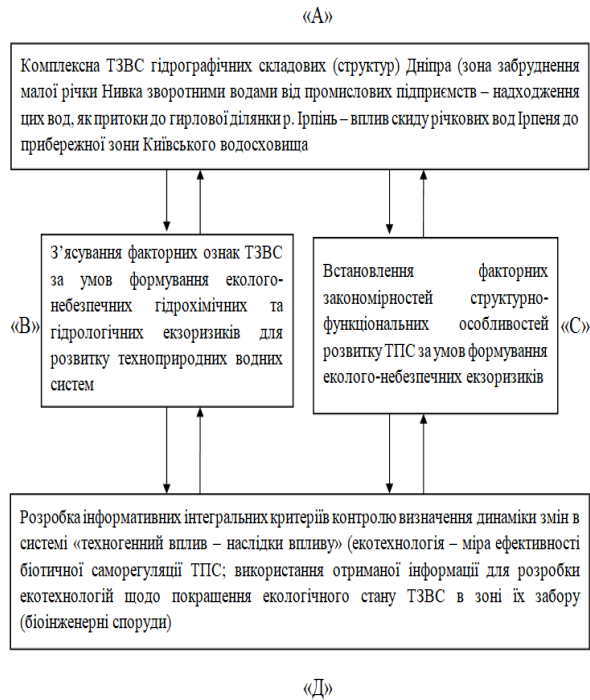


Рисунок 2 – Науково-методичні підходи формування еколого-небезпечних ризиків та шляхів покращення екологічного стану ТЗВС гірлової ділянки р. Ірпінь: «А» – об'єкт дослідження; «В» – з'ясування факторних змін гідрохімічних та гідробіологічних властивостей та структур ТЗВС за умов дії екзогенних техногенних ризиків; «С» – встановлення факторних закономірностей структурно-функціональних особливостей розвитку ТЗВС в процесі дії на них еколого-небезпечних ендоризиків; «Д» – сучасні екотехнології, спрямованість їх розробки – покращення екологічного стану всієї комплексної ТЗВС

На рисунку представлені різноманітні підходи оцінювання екологічного стану р. Ірпінь:

- *гідрохімічні* (речовинно-енергетичний баланс та ефективність механізму пластичного метаболізму хімічних сполук; накопичення екотоксикантів в донних відкладах як гідрологічні наслідки соціально-економічного техногенезу;

- *еколого-функціональні* з частковою втратою природоємності ТЗВС;

- *еколого-технічні*, щодо розробки комплексних інтегральних систем (екотехнологій) індикаторного контролю, що є науковою базою для створення інженерних штучних біосистем (екотехнологія) для покращення екологічного стану р. Ірпінь та попередження забруднення пригірлової зони Київського водосховища.

Розроблені методичні підходи дали можливість запропонувати індикатор еколого-небезпечного середнього ризику розвитку ТПС, який визначали за допомогою алгоритму досліджень:

$$I_{\text{серед.ризик}}^{\text{розвитку ТПС}} \equiv \sum \left[\frac{(ПУГ) + (ТУГ)}{(ПСПС) + ВСТЗВ} \right],$$

де ПУГ – природні умови гідроекосистем (із-за відсутності і Україні II класу якості вод – чисті води використані показники для III класу якості вод – помірно-забруднені); ТУГ – техногенні умови техногенно-забруднених водних систем; ПСПС – природна стабільність розвитку природних систем; ВСТЗВ – відносна стабільність розвитку техногенно-зумовлених систем.

Кількісна характеристика індикатора середніх еколого-небезпечних ризиків зводиться до наступних результатів:

- для ТПС IV класу якості вод – 1,25;
- для V класу якості вод – 2,8.

У зв'язку з тим, що оцінка екологічного ризику розвитку ТПС є одним із ключових питань забезпечення збереження водних ресурсів, нами встановлено, що для раціонального водокористування басейну річки може бути система з низьким середнім ризиком екологічної небезпеки. За наших умов щодо функціонування ТПС гірлової ділянки р. Ірпінь, лише у 2% випадків потенційно-можливі виникнення нестійкої екологічної рівноваги їх розвитку.

ВИСНОВКИ. 1. Показана доцільність використання комплексної гідрографічної структури певної зони басейну Дніпра, які об'єднані між собою функціонально, на прикладі гірлової ділянки р. Ірпінь.

2. Встановлені факторні ознаки гідрохімічних та гідрологічних показників у просторі і часі, гірлової ділянки р. Ірпінь за гідростворами сел. Мостище, смт. Гостоміль, сел. Казаровичі.

3. Виявлені факторні закономірності структурно-функціональних особливостей розвитку комплексної структурної одиниці Дніпра (ділянка правої притоки р. Ірпінь – р. Нивка – джерела основного техногенного забруднення, безпосередньо гірлової ділянки р. Ірпінь, пригірлової ділянки Київського водосховища).

4. Засвідчено, що 98% досліджуваної ділянки відноситься до IV класу якості вод, а 2% – до V класу якості вод.

5. Виявлено, що в процесі розвитку техногенно-зумовленої водної системи відбувається часткова втрата природоємності за рахунок формування в її межах балансу техноємності.

6. Встановлено, що на екологічний стан р. Ірпінь впливає дві градації еколого-небезпечних ризиків, формування яких пов'язано з техногенно-зумовленим станом екосистем: екзоризики – факторні техногенні зміни речовинно-енергетичного балансу та у зв'язку з чим зміна пластичного метаболізму хімічних сполук антропогенного походження; ендоризики, які обумовлюють та характеризують структурно-функціональні особливості інтенсивності внутрішньоводоймних процесів, інтегральним

показником яких є механізм внутрішньої біотичної саморегуляції.

7. Обґрунтовано, що розвиток ТПС залежить від балансу екологічного резерву гідроекосистем, рівень якого визначається за допомогою середнього індексу розвитку ТПС. Встановлено, що індекс резерву ТПС становить для забруднених вод – 1,25, брудних вод – 2,8, а раціональному водокористуванню притаманні низькі кількісні показники, які не перевищують кількісних градацій не > 2.

ЛІТЕРАТУРА

1. Удод В. М., Вільдман І. Л., Жукова О. Г. Екологічний підхід в оцінці ефективності внутрішньоводоймених процесів водних систем річок Кальміус та Інгулець. *Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського*. 2014. Вип. № 2 (85). С. 161–165.

2. Удод В. М., Маджд С. М., Кулинич Я. І. Дослідження причин та наслідків трансформації техногенно змінених гідроекосистем. *Техногенна безпека*. 2017. Т. 289. С. 10–16.

3. Пляцук Л. Д., Гурець Л. Л., Положий О. А. Зниження рівнів екологічних ризиків – умова раціонального природокористування. *Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського*. 2006. Вип. №6 (41). С. 127–129.

4. Сніжко С. І. Оцінка та прогнозування якості природних вод. К.: Ніка-Центр, 2001. 264 с.

5. Гребінь В. В. Сучасний водний режим річок України (ландшафтно-гідрологічний аналіз). К.: Ніка-Центр, 2010. 316 с.

6. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2016 році. – К.: Міністерство екології та природних ресурсів України, ФОП Грінь Д.С. – 2016. – 350 с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.menr.gov.ua/docs/activitydopovidi/NacDopovid2014.pdf>.

7. Дробноход М. І. Стійкий екологічно-безпечний розвиток і Україна. К.: МАУП, 2002. 104 с.

8. Яцик А. В. Методика розрахунку антропогенного навантаження і класифікації екологічного стану басейнів малих річок України. К. 2007. 71 с.

9. Мазур І. І. Инженерная экология. М.: Высшая школа, 1996. 637 с.

10. OECD. Environment at a glance. 2015: OECD. Indicators. Paris. OECD. Publishing, 2015, pp. 32–39.

11. Васюков А. Е. Химические аспекты экологической безопасности поверхностных водных объектов: монография. Х.: Институт монокристаллов, 2007. 256 с.

12. Удод В. М., Маджд С. М., Кулинич Я. І. Регіональні особливості структурно-функціональної організації розвитку техногенно змінених водних екосистем. *Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського*. 2017. Вип. №3 (104). С. 93–99.

13. Маджд С. М., Писанко Я. І. Дослідження техногенно-зумовлених водних екосистем в зоні впливу авіапідприємств. *Вісн. НАУ*. 2018. № 3. С. 78–86.

14. Франчук Г. М., Кіпніс Л. С., Маджд С. М. Екологічна оцінка стану довкілля в зоні аеропорту методами біотестування. *Вісн. НАУ*. 2006. № 2. С. 114–117.

15. Протасов О. О. Техно-екосистема: неминуче зло чи крок до ноосфери. *Вісн. НАН України*. 2014. С. 41–50.

16. Лисиченко Г. В., Забулонов Ю. Л., Хміль Г. А. Природний, техногенний та екологічний ризики: аналіз, оцінка, управління: монографія / за ред. Г.В. Лисиченко. Київ: Наук. думка, 2008. 544 с.

17. Маджд С.М. Кулинич Я.І., Явнюк А.А. Екологічна оцінка антропогенно-змінених систем р. Ірпінь. *Вісник НАУ*. 2017. №2. С. 93–98.

18. Маджд С. М., Кулинич Я. І. Наукова методологія оцінювання екологонебезпечних ризиків функціонування техногенно-змінених водних систем. *Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського*. 2017. Вип. №4 (105). С. 88–95.

19. Маджд С. М. Загальні екологічні особливості структурно-функціональних закономірностей розвитку техноприродних систем гирлової ділянки р. Ірпінь. *Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського*. 2018. Вип. №5 (112). С. 110–114.

20. В. А. Баженок, В. М. Ісаєнко, Ю. М. Саталкін, В. В. Трофімович, З. М. Романова, В. М. Навроцький Інженерна екологія. К.: НАУ, 2006. 492 с.

THEORETICAL CONCEPT OF FORMATION OF ENVIRONMENTAL RISKS IN THE PROCESS OF NATURAL-TECHNOGENIC WATER ECOSYSTEMS DEVELOPMENT

V. Isaienko, S. Madzhd

National Aviation University

prosp. Kosmonavta Komarova, 1, Kyiv, 03680, Ukraine. E-mail: madzhd@i.ua

Purpose. The solution of environmental problems related to the improvement of the environmental conditions of the Dnieper water basin complex hydrographical structure. **Methodology.** The application of the ecosystem principle with the basin approach has enabled studying the Dnieper basin hydroecosystem. For data processing, the statistical-mathematical method has been used. Methods of mathematical modeling have been applied for the assessment of future harmful effects of technogenic impacts on the dynamics of changes of the indicators, which characterize the habitat of hydrobionts. **Results.** It is established that in the process of natural-technogenic systems development the partial loss of their nature-capacity takes place due to formation of techno-capacity balance. At the same time, it is shown that the balance of the ecological reserve is maintained, in terms of natural-technogenic systems functioning at the expense of the compensatory mechanism of ecosystems biotic self-regulation. The indicator of reduction of environmental risks is their quantitative gradation: it is established that achievement of rational nature use for techno-natural systems is possible under the conditions of low risks for their stable development. **Originality.** For the first time scientific methodical

approaches to the formation of environmental risks and ways to improve the environmental condition of natural-technogenic water systems have been developed. **Practical value.** The fundamentals of the proposed concept will enable reaching the socio-economical status of reservoirs without causing the damage to the sustainability of vitally important ecosystems and their self-recovery potential. **Conclusions.** It is established that the developed scientific and methodical approaches to the formation of environmental risks and ways to the improvement of the environmental state of natural-technogenic water systems are among priority tasks, since they take into account structural and functional changes in internal water body processes. It is proved that in order to prevent environmental risks in the process of technogenically-determined water systems functioning, it is necessary to create modern information integrated environmental technologies to control the change in the intensity of internal water processes, on the basis of which bioengineering facilities are developed for the reduction of the level of water quality degradation.

Key words: naturally-technogenic system, internal water processes.

REFERENCES

1. Udod, V. M., Vildman, I. L., Zhukova, O. H. (2014), Ekologichnyy pidkhid v otsintsi efektyvnosti vnutrishn'o vodoymenk protsesiv vodnykh system richok Kal'mius ta Inhulets [Ecological approach to efficiency assessments of intrabasin processes of the Kalmius and Ingulets river hidrologic sys], *Transactions of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskiy National University*, no. 2 (85), pp. 161–165.
2. Udod, V., Madzhd, S., Kulynych, Ya. (2017), Research of reasons and consequences of transformation of the technogenic changed hydrographical structure, *Technogenic safety*, no. 289. pp. 10–16.
3. Pliatsuk, L. D., Hurets, L. L., Polozhii, O. A. (2006), Znyzhennia rivniv ekologichnykh ryzykiv – umova ratsionalnoho pryrodokorystuvannia, *Transactions of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskiy National University*, no. 6, pp. 127–129.
4. Snizhko, S. (2006), Theory and methods of regional hydrochemical analysis, Kyiv: Nika-Tsentr, pp. 264-281.
5. Hrebin, V. V. (2010), *Suchasnyi vodnyi rezhym richok Ukrainy (landshaftno-hidrolohichnyi analiz)* [Modern water regime of the Ukraines' rivers (landscape hydrological analysis)], Kiev, Nika-Centre Publ.
6. The Ministry of ecology and natural resources (2016), Natsionalna dopovid pro stan navkolyshnoho pryrodnoho seredovyscha v Ukraini u 2014 rotsi available at: <http://www.menr.gov.ua/docs/activity-dopovidi/NacDopovid2014.pdf>.
7. Drobnokhod, M. I (2002), *Stiikiy ekologichno-bezpechniy rozvytok i Ukraina*, Kiev, MAUP Publ.
8. Yatsyk, A. V. (2007), *Metodyka rozrakhunku antropohennoho navantazhennya i klasyfikatsiyi ekologichnoho stanu baseyniv malykh richok Ukrainy* [The method of calculation of anthropogenic load and classification of ecological state of small rivers basins Ukraine], Kyiv, Ukraine, Undivep, 71 p.
9. Mazur, I. I., Moldvanov, O. I., Shitov, V. M. (1996), *Inzhenernaja jekologija* [Engineering ecology]. Moscow, Vysshaja shkola, vol.1, 637 p.
10. OECD (2015), *Environment at a Glance 2015:OECD Indicators*, OECD Publishing, Paris, pp. 32-39.
11. Vasiukov, A. Ie., Blank, A. B. (2007), *Himicheskie aspekty i ekologicheskoy bezopasnosti poverhnostnykh vodnykh obektov* [Chemical Aspects of Ecological Safety of the Surface Water Objects], Kharkiv, Institut monokristalov, Ukraine.
12. Udod, V., Madzhd, S., Kulynych, Ya. (2017), Rehional'ni osoblyvosti strukturno-funktsional'noy orhanizatsiy i rozvytku tekhnohenko zminenykh vodnykh ecosystem [Regional features of structural and functional properties of the technogenically transformed aquatic ecosystems], *Transactions of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskiy National University*, no. 3, pp. 93–99.
13. Madzhd, S. M., Pysanko, Ya. I, (2018), The study of technogenically transformed water ecosystems within aviation facilities operation area, *Proceeding of the National Aviation University*, no. 3, pp. 78–86.
14. Franchyk, Q., Kipnis, L., Madzhd, S. (2006), Ecological estimation of the state of environment in the zone of airport by the methods of biotesting, *Proceeding of the National Aviation University*, no. 2, pp. 114–117.
15. Protasov, O. O. (2014), Techno-ecosystem: inevitable evil or step to the noosphere, *Visn. NAS of Ukraine*, pp. 41-50.
16. Lysychenko, H., Zabulonov, Yu., Khmil, H. (2008), *Pryrodnyi tekhnohennyi ta ekologichnyi ryzyky: analiz, otsinka, upravlinnia* [Natural, man-made and environmental risks: analysis, evaluation, management], Kyiv, Nauk. dumka, Ukraine.
17. Madzhd, S. M., Kulynych, Ya. I, Iavniyk, A. A. (2017), Ecological assessment of the human-transformed system of the Irpin river, *Proceeding of the National Aviation Univesity*, no. 2, pp. 93–98.
18. Madzhd, S., Kulynych, Ya. (2017), Scientific methodology of environmentally hazardous risks evaluation of functioning of human transformed hydroecosystems, *Transactions of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskiy National University*, no. 4, pp. 88–95.
19. Madzhd, S., Kulynych, Ya. (2018), General environmental features of structural and functional regularities of development of the naturally-technogenic system of the mouth of the Irpin river, *Transactions of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskiy National University*, no. 5, pp. 110–114.
20. Bazhenok, V.A., Isaienko, V. M., Satalkin, U.M., Trofimovich, V.V., Romanov, Z.M., Navrozshkie, V.M. (2006), *Engineering ecology*, K.: NAU, 492 p.

Стаття надійшла 04.02.2019.