

В роботі представлено запропоновані автором ієрархічну модель і експертний метод оцінки впливу факторів загроз природно-техногенній безпеці гідровузлів України та визначені пріоритетні заходи для їх запобігання. Наведено аналіз результатів експертних опитувань, проведених у 2003 та 2013 рр.

Ключові слова: гідровузли України, фактори загроз, інтегральний показник небезпеки, заходи запобігання загрозам

В работе представлены предложенные автором иерархическая модель и экспертный метод оценки влияния факторов угроз природно-техногенной безопасности гидроузлов Украины и определены приоритетные меры по их предотвращению. Осуществлен анализ результатов экспертных опросов, проведенных в 2003 и 2013 гг.

Ключевые слова: гидроузлы Украины, факторы угроз, интегральный показатель опасности, меры предотвращения угроз

УДК 574.614.8.06.001:627.8.43

DOI: 10.15587/1729-4061.2015.49270

СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ЧИННИКІВ ПРИРОДНО- ТЕХНОГЕННОЇ БЕЗПЕКИ НАЙБІЛЬШИХ ГІДРОВУЗЛІВ УКРАЇНИ

Д. Е. Бенатов

Старший викладач

Кафедра екології та технології рослинних полімерів

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут»

пр. Перемоги, 37, м. Київ, Україна, 03056

E-mail: kpi@benatov.kiev.ua

1. Вступ

Проблема безпеки гідровузлів є важливою ланкою у системі національної безпеки України [1]. Технічний стан водосховищ, гребель, шлюзів, дамб, інших інженерних конструкцій та їх експлуатація перебувають під постійним контролем з боку різних державних регуляторних інституцій.

На сьогоднішній день у широких наукових і громадських колах тривають гострі дискусії з приводу потенційної загрози населенню та навколишньому середовищу з боку гідротехнічних споруд, зокрема, у зв'язку зі зношенням їх основних фондів, помилками при їх проектуванні та будівництві, терористичними та військовими загрозами, господарською діяльністю на прилеглих територіях тощо.

Водночас притаманна Україні проблема різної підпорядкованості частин гідровузлів ускладнює, а часом робить неможливою оперативну оцінку для прийняття управлінських рішень, реального стану безпеки цих складних інженерних об'єктів, яких у нашій державі нараховується близько 1100 одиниць [2].

Отже, для найбільших гідровузлів України актуальним є здійснення комплексної оцінки проблем їх природно-техногенної безпеки (ПТБ) за допомогою адаптованих для цієї потреби методів, що базуються на підходах прикладного системного аналізу.

2. Аналіз літературних даних і постановка проблеми

Традиційно більшість досліджень, що здійснюються під час оцінки ризиків у сфері гідротехнічних споруд (ГТС), присвячується проблемам їх надійності та безпеки, прогнозуванню та нормуванню ризиків і загроз імовірних аварій під час їх будівництва та експлу-

атації [3, 4]. Вказаний напрям досліджень є, безумовно, цінним у вузькоспеціалізованому, професійному контексті проектування, будівництва та експлуатації ГТС, але він не дозволяє оперативно отримати багатокритеріальну картину для швидкого прийняття управлінських рішень.

Для оцінки та подальшого аналізу розподілу інтенсивності впливу факторів небезпеки на гідровузли може бути застосовано кілька груп класичних математичних методів, до яких зокрема належать: чисельно-аналітичні, імітаційні та експертні [5].

При цьому нечіткість вихідних даних щодо чинників потенційної небезпеки ускладнює використання математичного апарату чисельно-аналітичних методів, побудованих на основі математичної статистики та теорії ймовірності [6].

Використання імітаційних методів для реалізації поставленої задачі є доволі складним з огляду на необхідність створення складних математичних моделей із розробкою відповідних програмних продуктів, що могли б реалізовувати розгортання різних сценаріїв для певної ситуації, враховуючи при цьому значну кількість різнопланових і не завжди достатньо достовірних та коректних вихідних даних [7].

Ефективним шляхом подолання наявних методологічних труднощів є застосування для вирішення подібних слабо структурованих задач із важко формалізованими умовами, експертних методів у поєднанні з теорією нечітких множин [8], до яких належить запропонований науковою школою Т. Сааті наприкінці 70-х років XX століття метод прийняття рішень, що дістав назву «методу аналізу ієрархій» (MAI) [9].

По суті, MAI є систематичною процедурою для ієрархічного представлення елементів, що становлять сутність будь-якої проблеми. Метод полягає у декомпозиції проблеми на більш прості складові та подальшій

обробці послідовності суджень осіб, які приймають рішення (у нашому випадку – експертів), шляхом парних порівнянь. Кінцевим результатом застосування методу може бути виражений відносний ступінь (інтенсивність) взаємодії елементів у досліджуваній ієрархії [9].

Центральне питання методу, виходячи з мови ієрархії, формулюють таким чином: *як відчутно впливають окремі фактори найнижчого рівня ієрархії на вершину – загальну ціль (мету)?*

Нерівномірний вплив усіх факторів на ціль (мету) призводить до необхідності визначення інтенсивності впливу (пріоритетів) цих факторів. Визначення пріоритетів факторів найнижчого рівня відносно цілі (мети) можна звести до послідовності завдань визначення пріоритетів для кожного рівня, а кожне таке завдання – до послідовності попарних порівнянь.

Застосування попарних порівнянь дозволяє експерту уникнути оперування масивом даних, пов'язаних з усіма об'єктами, зосередивши увагу лише на порівнянні пари об'єктів та одночасно слідкуючи за ступенем узгодженості власних суджень (оцінок).

Одним із перших прикладів застосування МАІ для вирішення задач, пов'язаних із гідротехнічними спорудами, була побудована на фреймах експертної система, що здійснювала діагностику поточного стану затвора греблі і прогнозувала термін її служби, ґрунтуючись як на структурних, так і на емпіричних судженнях [10]. Зрозуміло, що вказаний метод використовувався для вирішення досить специфічної та вузькоспеціалізованої прикладної задачі експлуатації гідротехнічної споруди і не охоплював глобальні питання безпеки її функціонування.

Цікавими сучасними, втім також достатньо вузькоспеціалізованими прикладами використання МАІ у вирішенні проблем експлуатації гідротехнічних споруд у частині вибору місць для будівництва є роботи деяких іноземних дослідників [11, 12].

В Україні на базі застосування МАІ в 1995 році Національним інститутом стратегічних досліджень було виконано дослідження присвячене системному аналізу визначення пріоритетів в екологічній безпеці України [13]. Однак зазначене дослідження мало на меті одержання глобальних оцінок стану екологічної безпеки України, тому більш вузька проблематика ПТБ гідровузлів у ньому не розглядалася та не аналізувалася.

Вперше в Україні застосування експертного оцінювання у поєднанні з МАІ для комплексної оцінки природно-техногенної безпеки гідровузлів було запропоновано у 2001 році [14–16]. Також вперше було проведено порівняльну оцінку даних, отриманих із тривалого (10 років) проміжком у часі.

Варто зазначити, що проведення опитування у 2003 р. відбувалось із значними труднощами, оскільки в середовищі фахівців-практиків тогочасної України спостерігався притаманний пострадянській науковій та інженерній спільноті високий рівень недовіри до експертних методів прийняття рішень, побудованих на базі нечислових (вербальних) оцінок, не пов'язаних із інженерно-технічними та проектно-конструкторськими дослідженнями, на що, до речі, звертав увагу автор роботи [17].

Сьогодні в Україні з огляду на інтенсивне застосування обчислювальної техніки та становлення но-

вих наукових шкіл, орієнтованих на світовий досвід, ставлення до методів прикладного системного аналізу змінилося на краще. Про це свідчить кілька спроб вітчизняних науковців застосувати МАІ у сфері безпеки гідротехнічних споруд.

Зокрема, МАІ використовувався для оцінки впливу на навколишнє середовище будівництва гідровідвалу розкривних порід Здолбунівського кар'єру крейди ВАТ «Волинецьмент» [18], а також для комплексної оцінки впливів та елементів управління екологічною безпекою протяжних гідротехнічних споруд на прикладі траси глибоководного суднового ходу Дунай – Чорне море [19].

Проте ієрархічні моделі, побудовані авторами вказаних досліджень, адаптовані для використання лише відносно певної одиничної гідроспоруди і не дозволяють здійснювати комплексну оцінку впливу факторів загроз ПТБ для групи об'єктів з метою визначення кількісних показників стану їх безпеки/небезпеки.

Отже, у розрізі ретроспективи літературних джерел вбачається актуальність теми запропонованого дослідження для вирішення питань ПТБ гідровузлів України.

Запропонований метод дозволяє здійснювати швидкі обробку та репрезентацію у числовій формі різнопланових масивів інформації, сформованих на базі експертних суджень, що мають нечислову (вербальну) природу з метою їх подальшого аналізу для потреб прийняття управлінських рішень.

Експертні опитування здійснювалися у 2003 та у 2013 рр., тож одержані дані дозволили відслідкувати в тривалій ретроспективі тенденції та зміни в оцінках ситуації, що склалася у царині експлуатації найбільших гідровузлів України.

3. Мета і задачі дослідження

Метою роботи є розробка методу багатокритеріального комплексного аналізу проблем природно-техногенної безпеки (ПТБ) гідровузлів як складних природно-техногенних геолого-інженерно-технічних систем та її практичне застосування на прикладі 18 найбільших гідровузлів України.

Для досягнення поставленої мети були поставлені такі задачі:

- побудова ієрархічної моделі ПТБ гідровузлів України на базі запропонованої систематизації факторів загроз та заходів для їх запобігання та проведених у 2003 та 2013 рр. експертних опитувань;
- визначення для кожного з досліджуваних об'єктів значень інтегрального показника безпеки (ІПН) та пріоритетних заходів із запобігання загрозам ПТБ;
- визначення глобальних пріоритетів факторів загроз та заходів із їх запобігання для всіх досліджуваних об'єктів у цілому.

4. Методика виконання дослідження

Першим етапом у застосуванні МАІ до проблематики дослідження було структурування системи природно-техногенної безпеки гідровузлів у вигляді ієрархії, в якій елементи кожного рівня піддаються

впливу та у свою чергу впливають на елементи іншого рівня. Також вважалось, що елементи кожного рівня ієрархії є незалежними.

У дослідженні ієрархія будувалася з вершини.

Перший рівень містить *мету*: природно-техногенну безпеку гідровузлів України.

Другий рівень включає *групи факторів загроз* природно-техногенній безпеці гідровузлів України.

На *третьому* рівні знаходяться *18 найбільших гідровузлів України*.

На *четвертому*, останньому рівні ієрархії, перебувають *заходи* із запобігання загрозам природно-техногенній безпеці гідровузлів України.

У табл. 1 наведено ієрархічні рівні та множину елементів запропонованої моделі, а на рис. 1 наведена її візуалізація.

Докладний опис і характеристика всіх елементів ієрархії наведено в нашій окремій публікації [15].

Групі експертів було запропоновано заповнити спеціально розроблені анкети, що містили матриці

попарних порівнянь для кожного з рівнів ієрархії, та відповісти на такі запитання:

– вплив якої з визначених груп факторів загроз є більш суттєвим для ПТБ гідровузлів України в цілому;

– який з досліджуваних гідровузлів більш схильний до впливу визначеної групи факторів загроз;

– який з визначених заходів інтенсивніше впливає на нейтралізацію загроз ПТБ конкретного досліджуваного гідровузла.

Заповнення анкет експертами в 2003 р. здійснювалось у паперовому вигляді, а у 2013 р. – за допомогою програмного пакету «Система підтримки прийняття рішень «Выбор» виробництва ТОВ «Цірітас» (Росія).

Обробка одержаних експертних оцінок здійснювалась у редакторі Excel за допомогою методики, що була докладно описана в одній з публікацій [7].

Результатами розрахунку стало одержання множини локальних пріоритетів, наведених у табл. 2–4 (2003 р.) та табл. 5–7 (2013 р.).

Таблица 1

Множина елементів системи природно-техногенної безпеки України

Поз.	Назва елемента ієрархії	Зв'язок з вищим рівнем ієрархії
Рівень 1. Мета {G} Природно-техногенна безпека гідровузлів України		
Рівень 2. Групи факторів загроз природно-техногенній безпеці гідровузлів України		
Rs ₁	пов'язані зі стихійними лихами та кліматичними умовами	{G}
Rs ₂	пов'язані з геолого-гідрологічними та проектно-інженерними параметрами гідровузлів	{G}
Rs ₃	пов'язані з технічними та технологічними аспектами експлуатації гідровузлів	{G}
Rs ₄	пов'язані з господарською діяльністю людей в акваторії гідровузла та на прилеглий до нього території	{G}
Rs ₅	пов'язані із соціальною сферою	{G}
Rs ₆	пов'язані з регіональним військовими конфліктами, тероризмом і саботажними проявами	{G}
Рівень 3. Гідровузли України		
Ks ₁	Каховський	{Rs ₁ ,Rs ₂ ,...Rs ₆ }
Ks ₂	Кременчуцький	{Rs ₁ ,Rs ₂ ,...Rs ₆ }
Ks ₃	Київський	{Rs ₁ ,Rs ₂ ,...Rs ₆ }
Ks ₄	Дніпровський	{Rs ₁ ,Rs ₂ ,...Rs ₆ }
Ks ₅	Канівський	{Rs ₁ ,Rs ₂ ,...Rs ₆ }
Ks ₆	Дніпродзержинський	{Rs ₁ ,Rs ₂ ,...Rs ₆ }
Ks ₇	Дністровський	{Rs ₁ ,Rs ₂ ,...Rs ₆ }
Ks ₈	Червонооскільський	{Rs ₁ ,Rs ₂ ,...Rs ₆ }
Ks ₉	Печенізький	{Rs ₁ ,Rs ₂ ,...Rs ₆ }
Ks ₁₀	Карачуновський	{Rs ₁ ,Rs ₂ ,...Rs ₆ }
Ks ₁₁	Ладизинський	{Rs ₁ ,Rs ₂ ,...Rs ₆ }
Ks ₁₂	Кураховський	{Rs ₁ ,Rs ₂ ,...Rs ₆ }
Ks ₁₃	Бурштинський	{Rs ₁ ,Rs ₂ ,...Rs ₆ }
Ks ₁₄	Хрінницький	{Rs ₁ ,Rs ₂ ,...Rs ₆ }
Ks ₁₅	Іскрівський	{Rs ₁ ,Rs ₂ ,...Rs ₆ }
Ks ₁₆	Щедрівський	{Rs ₁ ,Rs ₂ ,...Rs ₆ }
Ks ₁₇	Теребля-Рікський	{Rs ₁ ,Rs ₂ ,...Rs ₆ }
Ks ₁₈	Касперівський	{Rs ₁ ,Rs ₂ ,...Rs ₆ }
Рівень 4. Заходи із запобігання факторам загроз природно-техногенній безпеці гідровузлів України		
As ₁	пов'язані із забезпеченням екологічного та інженерно-технічного моніторингу у галузі	{Ks ₁ ,Ks ₂ ,...Ks ₁₈ }
As ₂	пов'язані із забезпеченням ефективних управління та експлуатації гідротехнічних споруд, природних ресурсів акваторій водосховищ і прилеглих до них територій	{Ks ₁ ,Ks ₂ ,...Ks ₁₈ }
As ₃	пов'язані із соціальним забезпеченням та охороною праці у галузі	{Ks ₁ ,Ks ₂ ,...Ks ₁₈ }
As ₄	пов'язані з боротьбою з тероризмом та організованою злочинністю	{Ks ₁ ,Ks ₂ ,...Ks ₁₈ }
As ₅	пов'язані із розробкою та впровадженням нових технологій та обладнання у галузі	{Ks ₁ ,Ks ₂ ,...Ks ₁₈ }
As ₆	пов'язані з формуванням громадської думки та зв'язками з громадськістю та інститутами громадянського суспільства	{Ks ₁ ,Ks ₂ ,...Ks ₁₈ }

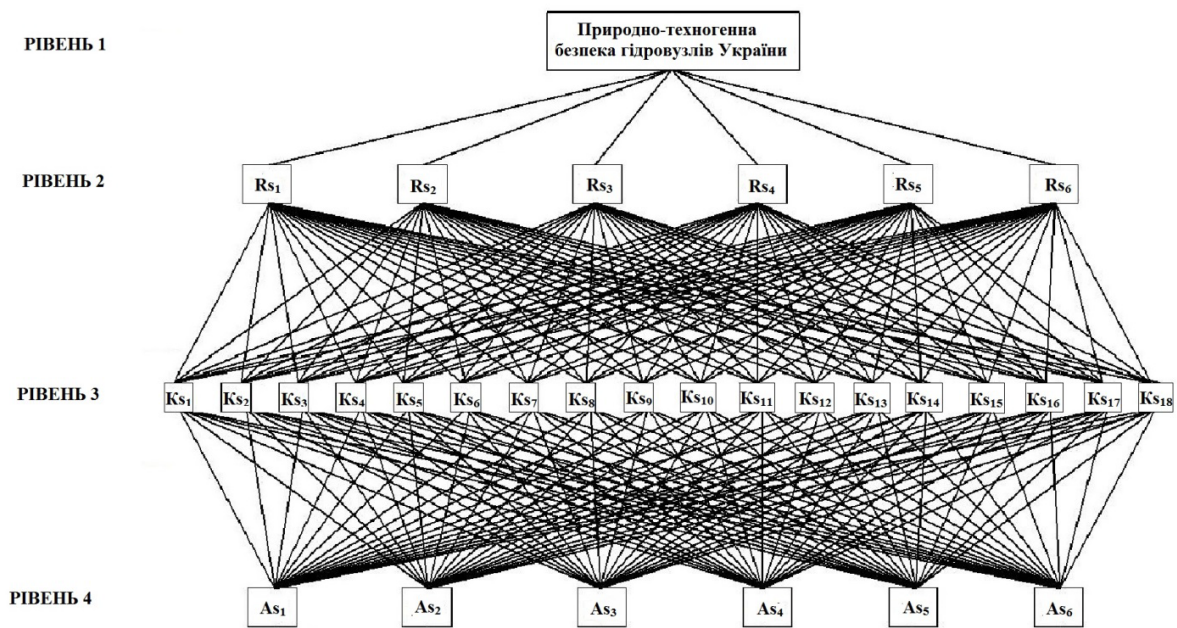


Рис. 1. Візуалізація ієрархічної системи природно-техногенної безпеки гідровузлів України

Таблиця 2

Локальні пріоритети системи ПТБ гідровузлів України для рівню 2 (2003 р.)

Група факторів	G
Rs ₁	0,181
Rs ₂	0,218
Rs ₃	0,277
Rs ₄	0,039
Rs ₅	0,041
Rs ₆	0,244

Таблиця 4

Локальні пріоритети системи ПТБ гідровузлів України для рівню 4 (2003 р.)

Гідровузол	Заходи					
	As ₁	As ₂	As ₃	As ₄	As ₅	As ₆
Ks ₁	0,284	0,236	0,096	0,154	0,143	0,087
Ks ₂	0,282	0,249	0,098	0,147	0,144	0,080
Ks ₃	0,264	0,222	0,109	0,160	0,169	0,077
Ks ₄	0,277	0,241	0,100	0,158	0,151	0,074
Ks ₅	0,287	0,252	0,099	0,142	0,147	0,072
Ks ₆	0,288	0,247	0,102	0,143	0,148	0,073
Ks ₇	0,288	0,247	0,102	0,143	0,148	0,073
Ks ₈	0,298	0,249	0,094	0,141	0,146	0,072
Ks ₉	0,287	0,252	0,099	0,142	0,147	0,072
Ks ₁₀	0,287	0,252	0,099	0,142	0,147	0,072
Ks ₁₁	0,287	0,252	0,099	0,142	0,147	0,072
Ks ₁₂	0,287	0,252	0,099	0,142	0,147	0,072
Ks ₁₃	0,287	0,252	0,099	0,142	0,147	0,072
Ks ₁₄	0,287	0,252	0,099	0,142	0,147	0,072
Ks ₁₅	0,287	0,252	0,099	0,142	0,147	0,072
Ks ₁₆	0,287	0,252	0,099	0,142	0,147	0,072
Ks ₁₇	0,287	0,252	0,099	0,142	0,147	0,072
Ks ₁₈	0,287	0,252	0,099	0,142	0,147	0,072

Таблиця 3

Локальні пріоритети системи ПТБ гідровузлів України для рівню 3 (2003 р.)

Гідровузол	Rs ₁	Rs ₂	Rs ₃	Rs ₄	Rs ₅	Rs ₆
Ks ₁	0,075	0,092	0,083	0,074	0,083	0,149
Ks ₂	0,129	0,077	0,071	0,052	0,082	0,150
Ks ₃	0,118	0,062	0,070	0,099	0,115	0,084
Ks ₄	0,087	0,077	0,082	0,068	0,089	0,072
Ks ₅	0,042	0,056	0,070	0,061	0,079	0,069
Ks ₆	0,044	0,058	0,068	0,072	0,084	0,071
Ks ₇	0,070	0,059	0,064	0,056	0,069	0,076
Ks ₈	0,042	0,047	0,044	0,051	0,036	0,042
Ks ₉	0,042	0,047	0,044	0,050	0,036	0,030
Ks ₁₀	0,042	0,047	0,044	0,052	0,036	0,029
Ks ₁₁	0,038	0,047	0,044	0,046	0,036	0,029
Ks ₁₂	0,038	0,047	0,044	0,046	0,036	0,029
Ks ₁₃	0,038	0,047	0,044	0,046	0,036	0,029
Ks ₁₄	0,038	0,047	0,044	0,046	0,036	0,029
Ks ₁₅	0,038	0,047	0,044	0,046	0,036	0,029
Ks ₁₆	0,038	0,047	0,044	0,046	0,036	0,029
Ks ₁₇	0,044	0,052	0,051	0,046	0,036	0,029
Ks ₁₈	0,038	0,047	0,044	0,046	0,036	0,029

Таблиця 5

Локальні пріоритети системи ПТБ гідровузлів України для рівню 2 (2013 р.)

Група факторів	G
Rs ₁	0,267
Rs ₂	0,168
Rs ₃	0,129
Rs ₄	0,135
Rs ₅	0,169
Rs ₆	0,131

Таблиця 6

Локальні пріоритети системи ПТБ гідровузлів України для рівню 3 (2013 р.)

Гідровуз-зол	Rs ₁	Rs ₂	Rs ₃	Rs ₄	Rs ₅	Rs ₆
Ks ₁	0,039	0,149	0,121	0,133	0,122	0,091
Ks ₂	0,072	0,046	0,077	0,140	0,095	0,126
Ks ₃	0,083	0,106	0,086	0,140	0,143	0,133
Ks ₄	0,044	0,065	0,155	0,093	0,089	0,096
Ks ₅	0,062	0,114	0,071	0,079	0,083	0,091
Ks ₆	0,056	0,077	0,077	0,081	0,083	0,096
Ks ₇	0,137	0,054	0,075	0,080	0,121	0,099
Ks ₈	0,040	0,036	0,033	0,026	0,027	0,035
Ks ₉	0,046	0,039	0,033	0,025	0,027	0,038
Ks ₁₀	0,032	0,039	0,033	0,025	0,023	0,030
Ks ₁₁	0,031	0,034	0,031	0,024	0,029	0,021
Ks ₁₂	0,037	0,035	0,026	0,022	0,027	0,020
Ks ₁₃	0,045	0,034	0,030	0,022	0,027	0,020
Ks ₁₄	0,046	0,035	0,030	0,022	0,021	0,020
Ks ₁₅	0,046	0,035	0,030	0,022	0,020	0,020
Ks ₁₆	0,040	0,035	0,030	0,022	0,020	0,020
Ks ₁₇	0,094	0,033	0,032	0,023	0,022	0,023
Ks ₁₈	0,051	0,035	0,030	0,021	0,020	0,020

Таблиця 7

Локальні пріоритети системи ПТБ гідровузлів України для рівню 4 (2013 р.)

Гідровуз-зол	Заходи					
	As ₁	As ₂	As ₃	As ₄	As ₅	As ₆
Ks ₁	0,216	0,324	0,105	0,120	0,132	0,103
Ks ₂	0,195	0,308	0,111	0,201	0,110	0,076
Ks ₃	0,170	0,229	0,087	0,242	0,086	0,184
Ks ₄	0,199	0,195	0,113	0,219	0,170	0,104
Ks ₅	0,196	0,279	0,147	0,158	0,111	0,109
Ks ₆	0,233	0,275	0,139	0,150	0,105	0,098
Ks ₇	0,215	0,308	0,125	0,142	0,121	0,089
Ks ₈	0,251	0,258	0,104	0,169	0,112	0,107
Ks ₉	0,255	0,259	0,103	0,178	0,104	0,100
Ks ₁₀	0,250	0,228	0,125	0,176	0,124	0,097
Ks ₁₁	0,233	0,212	0,173	0,160	0,116	0,107
Ks ₁₂	0,244	0,204	0,170	0,164	0,114	0,105
Ks ₁₃	0,252	0,200	0,173	0,155	0,116	0,104
Ks ₁₄	0,262	0,214	0,120	0,165	0,118	0,120
Ks ₁₅	0,256	0,223	0,123	0,162	0,119	0,117
Ks ₁₆	0,262	0,223	0,125	0,161	0,121	0,108
Ks ₁₇	0,232	0,240	0,116	0,172	0,127	0,113
Ks ₁₈	0,271	0,209	0,118	0,161	0,120	0,120

Вказані значення відображають відносний вплив множини елементів ПТБ гідровузлів України, що знаходяться на нижчому рівні ієрархії, на кожний окремий елемент верхнього рівня ієрархії. Локальні пріоритети показують відносну силу та величину кожного окремого елемента системи ПТБ гідровузлів України та дозволяють дати відповідь на такі запитання:

- вплив яких визначених груп факторів загроз є більш суттєвим для ПТБ гідровузлів України в цілому;
- яким чином розподіляється вплив груп кожного з визначених факторів загроз на кожен з досліджуваних гідровузлів;

– яким чином розподіляється вага застосування кожної з визначених груп заходів запобігання зарозам ПТБ для кожного з досліджуваних гідровузлів.

Наступним етапом обробки експертних даних стало одержання значень *глобальних пріоритетів* (для 2 рівня локальні та глобальні пріоритети збігаються) для кожного рівня (табл. 8–10).

Таблиця 8

Глобальні системи пріоритети ПТБ гідровузлів України для рівню 2

Група факторів	2003	2013
Rs ₁	0,181	0,267
Rs ₂	0,218	0,168
Rs ₃	0,277	0,129
Rs ₄	0,039	0,135
Rs ₅	0,041	0,169
Rs ₆	0,244	0,131

Таблиця 9

Глобальні пріоритети системи ПТБ гідровузлів України для рівню 3

Гідровуззол	Інтегральний показник безпеки	
	2003	2013
Ks ₁	0,099	0,102
Ks ₂	0,102	0,088
Ks ₃	0,083	0,112
Ks ₄	0,079	0,083
Ks ₅	0,062	0,081
Ks ₆	0,063	0,075
Ks ₇	0,067	0,100
Ks ₈	0,044	0,034
Ks ₉	0,041	0,036
Ks ₁₀	0,040	0,031
Ks ₁₁	0,040	0,029
Ks ₁₂	0,040	0,029
Ks ₁₃	0,040	0,032
Ks ₁₄	0,040	0,031
Ks ₁₅	0,040	0,031
Ks ₁₆	0,040	0,029
Ks ₁₇	0,044	0,045
Ks ₁₈	0,040	0,032

Таблиця 10

Глобальні пріоритети системи ПТБ гідровузлів України для рівню 4

Заходи	2003	2013
As ₁	0,284	0,220
As ₂	0,246	0,257
As ₃	0,100	0,121
As ₄	0,147	0,173
As ₅	0,149	0,118
As ₆	0,075	0,111

Одержані дані дозволяють дати відповіді на такі запитання:

- яким чином відбувається ранжування об'єктів дослідження (гідровузлів України) по відношенню до сумарного впливу шести визначених груп факторів загроз (інтегрального показника безпеки);

– яким чином відбувається усереднене ранжування визначених груп заходів запобігання загрозам природно-техногенній безпеці гідровузлів України за значущістю по відношенню до всіх досліджуваних об'єктів у цілому.

У процесі здійснення розрахунків значення показників узгодженості суджень експертів не перевищували рівнів встановлених МАІ.

5. Аналіз одержаних результатів

5.1. Фактори загроз (глобальні пріоритети)

У 2003 році експерти віддавали пріоритет групам факторів загроз, пов'язаним із технічними та технологічними аспектами експлуатації гідровузлів, а також загрозам, пов'язаним із регіональними військовими конфліктами, тероризмом та саботажними проявами. Також значну загрозу ПТБ гідровузлів України експерти вбачали у впливі загроз, пов'язаних зі стихійними лихами та кліматичними умовами і з геолого-гідрологічними та проектно-інженерними параметрами гідровузлів. Вплив груп факторів загроз, пов'язаних із господарською діяльністю людини на прилеглих територіях і акваторіях та із соціальною сферою на об'єктах галузі експерти вважали незначним.

Натомість у 2013 р. експерти віддали пріоритет групі факторів загроз, пов'язаним із впливом стихійних лих і кліматичних умов.

При цьому порівняно із 2003 р. значно зросла увага експертів до впливу факторів загроз, пов'язаних із господарською діяльністю людини на прилеглих територіях і акваторіях та із соціальною сферою, також знизився рівень оцінки впливу груп факторів загроз, пов'язаних із регіональними військовими конфліктами, тероризмом та саботажними проявами та з геолого-гідрологічними та проектно-інженерними параметрами гідровузлів.

Подібна тенденція логічно вписується у загальносвітові тренди. Якщо на початку 2000-х років світове співтовариство та українське суспільство залишалося під враженням від трагічних подій, що відбулись у США 11 вересня 2001 р., то у 2013 році на теренах нашого регіону спостерігалася геополітична стабільність і не було жодних передумов для виникнення локальних конфліктів на кшталт анексії Криму та українсько-російського конфлікту на сході України, що могли б загрожувати ПТБ досліджуваних гідровузлів.

Також 10 років тому експерти не приділяли значної уваги питанням господарської діяльності на прилеглих до гідровузлів територіях та акваторіях і проблемам соціальної сфери у галузі, оскільки на той час господарство України все ще перебувало в стагнації після розпаду СРСР, а співробітники галузі, як і більшість населення нашої держави, були досить пасивними у відстоюванні власних прав.

Крім того, варто зазначити, що вектор кліматичних змін на планеті знайшов віддзеркалення у привалюванні впливу фактора стихійних лих та кліматичних умов на ПТБ гідровузлів.

Відносне зниження ролі групи факторів, пов'язаних із геолого-гідрологічними та проектно-інженерними параметрами гідровузлів, пояснюється тим, що їх вплив на безпеку гідроспоруд зазвичай знижується

із продовженням термінів надійної експлуатації вказаних об'єктів.

5.2. Фактори загроз ПТБ гідровузлів України (локальні пріоритети)

5.2.1. Пов'язані зі стихійними лихами та кліматичними умовами

У 2003 р. пріоритет впливу цих факторів надавався на Каховському, Кременчуцькому, Київському, Дніпровському та Дністровському гідровузлах – як на найбільших і найвідповідальніших гідроспорудах України. Натомість у 2013 р. найбільший вплив вказаної групи факторів, на думку експертів, відчували Дністровський, Терезько-Рікський, Київський та Кременчуцький гідровузли.

Такі зміни в оцінках експертів можуть пояснюватися кліматичними змінами, що в Україні у частині впливу на гідроспоруди передусім стосуються Карпатського регіону та Полісся.

5.2.2. Пов'язані із геолого-гідрологічними та проектно-інженерними параметрами гідровузлів

У 2003 р. пріоритетними ці фактори визначалися для Каховського, Кременчуцького та Дніпровського гідровузлів – насамперед як для найбільших і найвідповідальніших гідроспоруд України.

У 2013 р. оцінка експертів не змінилася щодо Каховського гідровузла як найбільш складного в цьому сенсі об'єкта (спостерігається збереження проявів карсту в основі гідроспоруд та поява нових даних про сейсмічну небезпеку у зоні гідровузла), водночас до нього «приєдналися» більш «молоді» гідроспоруди Київського, Канівського та Дніпродзержинського гідровузлів Дніпровського каскаду.

5.2.3. Пов'язані із технічними та технологічними аспектами експлуатації гідровузлів

У 2003 р. у зоні підвищеного ризику перебували Каховський та Дніпровський гідровузли. У 2013 р. ця картина зберігалася зі значним зростанням значень показника фактора для цих об'єктів досліджень. Крім того, до групи ризику додалися Кременчуцький, Київський та Канівський гідровузли. Це може пояснюватися проведенням робіт із модернізації основного обладнання на цих гідровузлах, яке ще має довести свою надійність у процесі експлуатації.

Проблемним питанням для Канівського та Кременчуцького гідровузлів є також стан мостових переходів, які проходять через гідротехнічні споруди ГЕС та належать іншим відомствам. Стан зазначених об'єктів є незадовільним і впливає на загальну безпеку вказаних споруд [1].

5.2.4. Пов'язані з господарською діяльністю на прилеглих територіях та акваторіях

У 2003 р. найбільшу увагу експерти приділили Каховському, Київському та Дніпродзержинському гідровузлам.

У 2013 р. до Каховського та Київського додався Кременчуцький гідровузол (для цих трьох об'єктів спостерігається також значне зростання «ваги» цього фактора). До групи ризику також увійшли решта гідровузлів Дніпровського каскаду та Дністровський гідровузол.

Це пояснюється значною інтенсифікацією за останні 10 років промислової та сільськогосподарської діяльності на прилеглих прибережних територіях вказаної групи гідровузлів, особливо у їх нижніх б'єфах.

Яскравим прикладом такої діяльності є незаконна забудова у с. Кончі-Заспі (Київська область) та у Сокирянському районі Чернівецької області. Наявність елітної житлової нерухомості на цих ділянках ускладнює регулювання паводкових явищ у верхніх б'єфах гідровузлів, оскільки дозволене чинними нормативами спрацювання рівнів водосховищ може призвести до часткового затоплення житлових будинків.

Також у цьому контексті варто виділити проблему незаконної забудови безпосередньо в зоні безпеки ГЕС. Особливо ця проблема залишається актуальною для Київської ГЕС, де на території, що знаходиться між дренажним відвідним каналом та лівобережною греблею, збудовані котеджні містечка та окремі маєтки. Відбувається втручання забудовників в наявну дренажну систему, мають місце зміни конструкції дренажних водовипусків, що негативно позначається на безпеці гідровузла в цілому [1]. Подібні проблеми спостерігаються на всіх гідровузлах Дніпровського каскаду.

5. 2. 5. Пов'язані із соціальною сферою на об'єктах інфраструктури гідровузлів

У 2003 р. у зоні підвищеного ризику перебував Київський гідровузл. Значний вплив вказаної групи факторів також відчували об'єкти Дніпровського каскаду та Дністровський гідровузл.

У 2013 р. у зоні підвищеного ризику, зі значним зростанням «ваги» цього фактора порівняно з даними 2003 р., перебували Каховський, Київський та Дністровський гідровузли. Значний вплив вказаної групи факторів, на думку експертів, також справлявся на решту об'єктів Дніпровського каскаду.

Особливої уваги потребує вирішення соціальних питань працівників гідровузлів Дніпровського каскаду та Дністровського гідровузла. Крім того, варто приділити увагу вирішенню соціальних проблем персоналу Ладжинської, Кураховської та Бурштинської ГЕС, на кожній з яких працює близько 2,5 тис. осіб.

Як зазначено у [1], наразі кадровий потенціал гідроенергетики перебуває у критичному стані. Руїнуються профільні лабораторії та інститути; відбувається втрата знань на навичок через старіння та відтік спеціалістів із галузі та профільних вищих навчальних закладів (ВНЗ). Все це негативно впливає на якість проектування гідроспоруд та супутньої інфраструктури і забезпеченість галузі кваліфікованим персоналом.

В Україні також продовжує бути актуальною проблема, пов'язана із недостатнім рівнем діалогу між чиновниками гідроенергетичної галузі та інститутами громадянського суспільства. Це спричиняє появу псевдонаукових та відверто популістських матеріалів у ЗМІ та призводить до появи панічних настроїв серед населення (яскравий приклад – публікації Василя Кредо щодо аварійного стану греблі Київської ГЕС).

5. 2. 6. Пов'язані з регіональними військовими конфліктами, тероризмом і саботажними явищами

У 2003 р. у зоні підвищеного ризику зі значним відривом від решти об'єктів знаходились Каховський

та Кременчуцький гідровузли – гідровузли, що мають у своєму складі найбільші водосховища. Також у зону ризику входила решта об'єктів Дніпровського каскаду та Дністровський гідровузл.

Натомість у 2013 р. найбільший вплив вказаної групи факторів, на думку експертів, відчуває Кременчуцький та Київський гідровузли. У цілому ж, експерти дещо підвищили рівень загроз для всіх об'єктів Дніпровського каскаду (крім Каховського та Кременчуцького гідровузлів) Дністровського гідровузла.

Така оцінка є цілком виправданою, бо руйнування гідроспоруд Київського гідровузла може призвести до часткового затоплення столиці України та створить загрозу руйнування греблі Канівського гідровузла та руйнування греблі найбільшого за об'ємом Кременчуцького водосховища.

Наразі ця проблематика була актуалізована для України російською агресією у 2014 році. Як вірно вказується в аналітичному матеріалі [1], сьогодні питання фізичного захисту енергетичної інфраструктури регулюються на галузевому та відомчому рівнях без належної координації та узгодження з іншими пріоритетами забезпечення національної безпеки. Причому охорона особливо важливих об'єктів ПЕК здійснюється відокремленими структурними підрозділами відомчої воєнізованої охорони відповідно до укладених договорів за рахунок підприємств, які включені до переліку об'єктів охорони.

Незважаючи на те, що у даній системі організації захисту і передбачається взаємодія підрозділів відомчої воєнізованої охорони зі спеціалізованими підрозділами інших центральних органів виконавчої влади (МВС, СБУ, МНС та інші), мова фактично іде про комерційні відносини суб'єктів господарювання, без урахування проблем і пріоритетів забезпечення національної безпеки [1].

При цьому слід зазначити, що система цивільного захисту орієнтована переважно на реагування на надзвичайні ситуації, а не на попередження зловмих дій. У даному контексті слід звернути увагу на узгодження інтересів гідроенергетичної галузі, вимог законодавства у сфері цивільного захисту та законодавства, яке регулює діяльність в умовах військового і надзвичайного стану та боротьби з тероризмом [1].

5. 3. Інтегральний показник небезпеки ПТБ гідровузлів України

На базі розрахованих значень ступенів схильності кожного з об'єктів досліджень до кожної з шести груп факторів загроз (локальні пріоритети третього рівня ієрархії) та їх відносних ваг (глобальні пріоритети другого рівня ієрархії) по відношенню до мети ієрархії – ПТБ гідровузлів України було визначено інтегральний показник небезпеки (ІПН) для кожного з об'єктів дослідження (глобальні пріоритети третього рівня ієрархії).

Відразу підкреслимо, що вказаний показник не є абсолютною величиною, він не вказує на аварійність і технічний стан об'єкта (зношеність конструкцій, можливість спрацювання греблею гідровузла катастрофічного паводку тощо), а лише ілюструє думку експертів щодо відносної схильності об'єкта, в порівнянні з іншими об'єктами, до синергетичного впливу досліджуваних груп факторів загроз.

Отже, у 2003 р. найвище значення ПН мали Каховський та Кременчуцький гідровузли, у другій групі ризику перебували Київський та Дніпровський гідровузли, у третій групі – Канівський, Дніпродзержинський та Дністровський гідровузли, у четвертій групі – решта гідровузлів.

Натомість у 2013 р. найвищий рівень ПН мали Каховський, Київський та Дністровський гідровузли, до другої групи була віднесена решта гідровузлів Дніпровського каскаду, інші об'єкти дослідження умовно належать до третьої групи.

Можливі причини зміни експертних суджень були детально проаналізовані вище.

5. 4. Заходи запобігання загрозам ПТБ гідровузлів України (локальні пріоритети)

На базі експертних суджень для кожного з об'єктів досліджень здійснено ранжування за пріоритетністю застосування визначених заходів для зменшення рівня загрози їх природно-техногенній безпеці (докладну чисельну інформацію наведено у табл. 4, 7).

Коротко зупинімося на об'єктах дослідження, що мають найвищий рівень ПН (за даними 2013 р.).

Каховський гідровузол

На думку експертів переважний пріоритет у застосуванні повинні мати заходи, пов'язані із забезпеченням ефективного управління та експлуатації гідротехнічних споруд, природних ресурсів акваторій водосховищ і прилеглих до них територій, та заходів, пов'язаних із забезпеченням екологічного та інженерно-технічного моніторингу.

Значний вплив із істотним відривом має решта груп заходів.

У порівнянні із 2003 р. пріоритети залишились незмінними, що свідчить про сталість проблем цього об'єкта і незмінну екстенсивність дій управлінців щодо їх вирішення.

Київський гідровузол

На думку експертів переважний пріоритет у застосуванні повинні мати заходи, пов'язані із забезпеченням ефективного управління та експлуатації гідротехнічних споруд, природних ресурсів акваторій водосховищ і прилеглих до них територій, та заходів, пов'язаних із боротьбою з тероризмом та організованою злочинністю.

Вказується на значний вплив заходів, пов'язаних із забезпеченням екологічного та інженерно-технічного моніторингу, та заходів, пов'язаних із формуванням громадської думки та зв'язком із громадськістю та інститутами громадянського суспільства.

У порівнянні з 2003 р. для цього об'єкта, на думку експертів:

– залишився незмінним високий пріоритет заходів ефективного управління та експлуатації гідротехнічних споруд, природних ресурсів акваторій водосховищ і прилеглих до них територій, що не потребує додаткових коментарів;

– значно зросли пріоритети у застосуванні заходів, пов'язаних із боротьбою з тероризмом та організованою злочинністю і формуванням громадської думки та зв'язком із громадськістю та інститутами громадянського суспільства.

Перше пов'язане з логічним усвідомленням важливості вказаного гідровузла для безпеки столиці

України та Дніпровського каскаду, а друге вказує на гострий інтерес громадськості до проблем Київського гідровузла у поєднанні зі збереженою тенденцією з боку чиновницької верхівки до небажання відкритого обговорення проблем його експлуатації та проявів бюрократичної «перестраховки» у ставленні до науковців і громадських діячів, що працюють над цією проблематикою.

– значно знизилися пріоритети щодо заходів, пов'язаних із забезпеченням екологічного та інженерно-технічного моніторингу та з розробкою та впровадженням нових технологій та обладнання у галузі, оскільки на цьому об'єкті, за даними [20], останнім часом активно впроваджуються новітні технічні розробки, призначені для контролю за станом гідроспоруд.

Дністровський гідровузол

На думку експертів переважний пріоритет у застосуванні повинні мати заходи, пов'язані із забезпеченням ефективного управління та експлуатації гідротехнічних споруд, природних ресурсів акваторій водосховищ і прилеглих до них територій, та заходів, пов'язаних із забезпеченням екологічного та інженерно-технічного моніторингу.

Вказується на значний вплив заходів, пов'язаних із боротьбою з тероризмом та організованою злочинністю.

У порівнянні із 2003 р. пара головних пріоритетів для цього об'єкта залишилася незмінною, втім на перше місце у 2013 р. експерти вивели заходи, пов'язані із забезпеченням ефективного управління та експлуатації гідротехнічних споруд, природних ресурсів акваторій водосховищ і прилеглих до них територій.

Це свідчить про незмінність категорій проблем для цього об'єкта; незмінну екстенсивність дій управлінців із їх вирішення; незмінність потенціальних загроз безпеці гідровузла з боку невизнаної ПМР.

Важливе значення набувають також проблеми, пов'язані із введенням у дію агрегатів на Дністровській ГАЕС, що працює у складі єдиного гідроенергетичного комплексу Дністровських ГЕС-1, ГЕС-2 і ГАЕС, в якому провідну роль відіграє Дністровський гідровузол.

В цілому, визначена експертами пріоритетність застосування заходів запобігання факторам загроз ПТБ чітко корелюється із показаним раніше розподілом впливів вищевказаних факторів на згадувані об'єкти і не потребує додаткових коментарів.

5. 5. Заходи запобігання загрозам ПТБ гідровузлів України (глобальні пріоритети)

На базі ранжування за пріоритетом шести груп заходів запобігання факторам загроз природно-техногенній безпеці для кожного з 18 об'єктів дослідження, здійснено ранжування вказаних груп заходів за глобальним впливом на ПТБ досліджуваних гідровузлів України в цілому.

Як у 2003 році, так і у 2013 р., основний пріоритет у подоланні загроз ПТБ досліджуваних гідровузлів України експерти надавали заходам, пов'язаним із забезпеченням ефективного управління та експлуатації гідротехнічних споруд, природних ресурсів акваторій водосховищ і прилеглих до них територій, та заходам, пов'язаним із забезпеченням їх екологічного та інженерно-технічного моніторингу.

При цьому у 2013 порівняно з 2003 р., на думку експертів, зросла бажана частка впливу заходів, пов'язаних із:

- соціальним забезпеченням та охороною праці у галузі, що зумовлено загальним старінням кадрів, призначенням на керівні позиції у галузі осіб без фахової освіти, відсутністю соціальних стимулів для молоді, неухильним падінням рівня інженерної освіти у галузі;
- боротьбою з тероризмом та організованою злочинністю та із формуванням громадської думки та зв'язком із громадськістю та інститутами громадянського суспільства, що зумовлено зростанням рівня зовнішніх загроз у поєднанні зі збереженням радянських підходів у взаємодії між галузевими чиновниками-управлінцями та громадськістю.

При цьому варто підкреслити, що, на думку експертів, дещо знизилася бажана частка впливу заходів, пов'язаних із розробкою та впровадженням нових технологій та обладнанням у галузі, оскільки за останні роки спостерігається активізація цієї роботи [20].

6. Висновки

1. На базі аналізу факторів загроз природно-техногенній безпеці (ПТБ) гідровузлів та відповід-

них заходів для їх запобігання було запропоновано багатокритеріальний комплексний метод прийняття рішень із застосуванням експертно-аналітичних процедур у поєднанні з методом аналізу ієрархій Т. Сааті. Розроблений метод був на практиці застосований для аналізу ПТБ 18 найбільших гідровузлів України.

2. У результаті дослідження було отримано: ранжування за значущістю груп факторів загроз ПТБ гідровузлів України в цілому; ранжування об'єктів дослідження (гідровузлів) за ступенем впливу на них визначених груп факторів загроз; розрахунок інтегрального показника небезпеки для кожного з досліджуваних об'єктів; визначення пріоритетних заходів для запобігання факторам загроз ПТБ для кожного з об'єктів досліджень; ранжування за значущістю груп заходів для запобігання факторам загроз ПТБ гідровузлів України в цілому; порівняння результатів експертних оцінок, здійснених у 2003 та 2013 рр. для визначення тенденцій, що спостерігаються у галузі дослідження.

3. Запропонований метод та одержані з його допомогою дані можуть бути використані для прийняття управлінських рішень і реалізації відповідних заходів безпеки щодо запобігання надзвичайним ситуаціям на об'єктах гідротехнічної галузі України.

Література

1. Сучасний стан, проблеми та перспективи розвитку гідроенергетики України. Аналітична доповідь [Текст]. – К.: НІСД, 2014. – 54 с.
2. Паламарчук, М. М. Водний фонд України [Текст]: довід. пос. / М. М. Паламарчук, Н. Б. Закорчевна. – К.: «Ніка-Центр», 2001. – 388 с.
3. Dam Safety and Environment [Text]. – World Bank Technical Paper, 1990. – № 115.
4. Hoeg, K. New dam safety legislation and the use of risk analysis [Text] / K. Hoeg // Int. Journal on Hydropower and Dams. – 1998. – Vol. 5. – P. 85–88.
5. Бешелев, С. Д. Математико-статистические методы экспертных оценок [Текст] / С. Д. Бешелев, Ф. Г. Гурвич. – М.: «Статистика», 1980. – 263 с.
6. Векслер, А. Б. Надежность, социальная и экологическая безопасность гидротехнических объектов: оценка риска и принятия решений [Текст] / А. Б. Векслер, Д. А. Ивашинцов, Д. В. Стефанишин. – СПб.: Изд-во ОАО «ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева», 2002. – 592 с.
7. Качинський, А. Б. Експертний метод порівняльної оцінки природно-техногенної небезпеки регіонів України [Текст] / А. Б. Качинський, Н. В. Агаркова, Д. Е. Бенатов // Наукові вісті НТУУ «КПІ». – 2001. – № 6. – С. 39–46.
8. Гохман, О. Г. Экспертное оценивание [Текст] / О. Г. Гохман. – Воронеж: Издательство Воронежского университета, 1991. – 152 с.
9. Саати, Т. Принятие решений методом анализа иерархий [Текст] / Т. Саати. – М.: «Радио и связь», 1989. – 278 с.
10. Terano, T. Using the analytic hierarchy process in frame based expert systems [Text] / T. Terano // Proceeding of Symposium on the Analytic Hierarchy Process. Tianjin university. – Tianjin, China, 1998. – P. 638–645.
11. Minatour, Y. Earth dam site selection using the analytic hierarchy process (AHP): a case study in the west of Iran [Text] / Y. Minatour, J. Khazaei, M. Ataei // Arabian Journal of Geosciences. – 2013. – Vol. 6, Issue 9. – P. 3417–3426. doi: 10.1007/s12517-012-0602-x
12. Баденко, Н. В. Оценка перспективности гидроэнергетического строительства в регионах РФ на основе метода анализа иерархий [Текст] / Н. В. Баденко, Е. И. Ваксова, Т. С. Иванов, А. А. Ломоносов, О. Г. Никонова, М. В. Петрошенко // Magazine of Civil Engineering. – 2014. – № 4. – С. 39–48.
13. Качинський, А. Б. Системний аналіз визначення пріоритетів в екологічній безпеці України [Текст] / А. Б. Качинський // Наукові доповіді НІСД. – 1995. – Вип. 42. – С. 47.
14. Benatov, D. E. Creation of a mathematical nature-man-caused safety model of Ukrainian hydrosystems by means of a hierarchy analysis method [Text] / D. E. Benatov // Symposium for European Freshwater Sciences. – Toulouse, 2001. – P. 12.
15. Бенатов, Д. Е. Фактори, що загрожують природно-техногенній безпеці гідровузлів, їх аналіз та механізми запобігання [Текст] / Д. Е. Бенатов // Екотехнології та ресурсозбереження. – 2002. – № 3. – С. 8–12.
16. Бенатов, Д. Е. Застосування методу аналізу ієрархії (МАІ) для порівняльної оцінки факторів загроз природно-техногенній безпеці гідровузлів України та механізмів їх запобігання [Текст] / Д. Е. Бенатов // Екотехнології та ресурсозбереження. – 2003. – № 4. – С. 52–58.

17. Гогоберидзе, М. И. Методика организации комплексной экспертизы хозяйственных объектов [Текст] / М. И. Гогоберидзе // Гидротехническое строительство. – 1991. – № 7. – С. 41–46.
18. Атаев, С. В. Оцінка впливу на навколишнє середовище будівництва гідровідвалу розкривних порід Здолбунівського кар'єру крейди ВАТ «Волиньцемент» [Текст]: зб. наук. пр. / С. В. Атаев, Д. В. Стефанишин, Л. С. Романюк, О. Ю. Анісімов // Вісник НУВГП. – 2007. – Вип. 3 (39). – С. 3–13.
19. Аніщенко, Л. Я. Комплексна оцінка впливів і управління екологічною безпекою протяжних гідротехнічних споруд [Текст]: автореф. дис. ... д-р техн. наук / Л. Я. Аніщенко. – Харків, 2011. – 37 с.
20. Бисовецкий, Ю. А. Автоматизация геодезических наблюдений за гидротехническими сооружениями гидроэлектростанций Укрэнерго [Текст] / Ю. А. Бисовецкий, К. Р. Третьяк, Э. С. Щучик // Гідроенергетика України. – 2011. – № 2. – С. 45–51.

Отримано дані щодо здатності гідробіонтів, іммобілізованих на носіїві із сентитичних волокон в біореакторах, до існування у реальних умовах аеробного процесу у біоконвеєрі при очищенні промислової стічної води від гексаметилендіаміну. Контроль якості процесу здійснено з використанням кількісного обліку організмів активного мулу по умовній п'ятибальній шкалі, а також динаміки зміни вмісту нітрит- та нітрат-іонів з часом протягом чотирьох тижнів

Ключові слова: активний мул, аеробний процес, очищення стічних вод від гексаметилендіаміну, контроль якості процесу

Получены данные о способности гидробионтов, иммобилизованных на носителе из сентитических волокон в биореакторах, существовать в реальных условиях аеробного процесса в биоконвейере при очистке промышленной сточной воды от гексаметилендиамина. Контроль качества процесса осуществлен с использованием количественного учета микроорганизмов по условной пятибальной шкале, а также динамики изменения содержания нитрит- и нитрат-ионов во времени на протяжении четырех недель

Ключевые слова: активный ил, аеробный процесс, очистка сточных вод от гексаметилендиамина, контроль качества процесса

УДК 628.356: 658.562

DOI: 10.15587/1729-4061.2015.48881

ВПЛИВ СТІЧНИХ ВОД, ЩО МІСТЯТЬ ГЕКСАМЕТИЛЕНДІАМІН, НА ЖИТТЄДІЯЛЬНІСТЬ ГІДРОБІОНТІВ АКТИВНОГО МУЛУ

І. М. Іванова

Доктор технічних наук*

E-mail: Dtnivanova@gmail.com

Ю. В. Шатохіна

Кандидат технічних наук, викладач**

E-mail: Juliaaabest@gmail.com

О. В. Сапура

Провідний інженер

Відділ сорбції та біології очищення води

Інститут колоїдної хімії та хімії води

ім. А. В. Думанського НАН України

пр. Вернадського, 42, м. Київ, Україна, 03680

E-mail: sapura.work@gmail.com

Д. О. Тичина*

E-mail: Ovns@mail.ru

*Кафедра водопостачання та водовідведення***

Кафедра управління якістю та проектами*

***Чернігівський національний технологічний університет
вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, Україна, 14027

1. Вступ

Екологічна безпека визначається Законом України «Про охорону навколишнього природного середовища», як стан довкілля без загрози для життєдіяльності людей [1]. У багатьох випадках ця загроза в усьому світі існує внаслідок того, що недостатній рівень екологічної та технічної свідомості у попередні роки сприяв нагромадженню токсичних відходів у великій кількості, потраплянню їх у водні ресурси, які втрачають можливість використання останніх в якості

джерела питної води [2]. Поліпшення екологічної ситуації очікується за умови впровадження екологічних стандартів серії ISO 14000 [3, 4], розвитку корпоративної соціальної відповідальності за ISO 26000 [5], але темпи впровадження екологічних стандартів в Україні поки що недостатні і відстають від темпів збільшення забрудників, як це виявлено на прикладі одного з найбільших в Україні за територією регіонів – на Чернігівщині [6].

На території колишнього Чернігівського ВАТ «Хімволокно» розташований штучний ставок, в якому біль-