

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»**

**БЕНАТОВ
ДАНІЕЛЬ ЕМІЛОВИЧ**



УДК 626/627-192(477)(043.3)

**«СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ПРОБЛЕМ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННОЇ
БЕЗПЕКИ ГІДРОВУЗЛІВ УКРАЇНИ»**

21.06.01 – екологічна безпека

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ – 2016

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі екології та технології рослинних полімерів інженерно-хімічного факультету Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут».

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
Качинський Анатолій Броніславович,
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут» МОН України,
професор кафедри інформаційної безпеки.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Зберовський Олександр Владиславович,
Дніпродзержинський державний технічний
університет МОН України,
завідувач кафедри екології та охорони
навколишнього середовища.

кандидат технічних наук, старший науковий співробітник
Іванюта Сергій Петрович,
Національний інститут стратегічних досліджень,
головний консультант відділу енергетичної та
техногенної безпеки.

Захист дисертації відбудеться «__»_____2016 р. о __ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.002.05 у Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут» за адресою: 03056, м. Київ, проспект Перемоги, 37, корпус 19, аудиторія 201/1.

З дисертацією можна ознайомитись у Науково-технічній бібліотеці Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» за адресою: 03056, м. Київ, проспект Перемоги, 37.

Автореферат розісланий «__»_____2016 р.

Вчений секретар спеціалізованої
вченої ради Д 26.002.05,
кандидат технічних наук, доцент

О.І. Іваненко

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми

Сталий розвиток суспільства та всіх його складових становить одну з найактуальніших проблем української держави. Згідно з визначенням цієї концептуальної парадигми процеси, спрямовані на задоволення потреб сучасного покоління, повинні відбуватися без завдання шкоди його нащадкам. Саме тому до пріоритетних напрямів національної безпеки України разом із соціальною, політичною та економічною, чинне законодавство відносить безпеку екологічну.

Гідровузли, що включають водосховища, пов'язані з ними гідротехнічні споруди та прилеглу територію, є одними з найважливіших об'єктів промислової та господарської діяльності людини. Це складні геоінженерні системи, проектування, будівництво та експлуатація яких вимагає підвищеної уваги. Побудовані людиною гідровузли стали частиною навколишнього природного середовища, втім, маючи штучну природу, вони вимагають безперервного контролю. Коли цей контроль слабшає або зовсім припиняється, гідровузли стають джерелами підвищеної небезпеки для суспільства та довкілля, а значить, становлять загрозу для національної безпеки держави. З огляду на позитивні та негативні фактори впливу гідровузлів на навколишнє природне середовище, що часом набувають глобального характеру, безпеку цих об'єктів, безумовно, можна і необхідно вважати одним із найважливіших чинників національної безпеки держави. На сьогодні в Україні налічується понад 1100 водосховищ об'ємом 1 млн м³ і більше. Серед них 93 гідровузли мають водосховища об'ємом від 10,1 до 100 млн м³ і 14 гідровузлів – водосховища об'ємом більше 100 млн м³. Відповідно до українського законодавства всі ці споруди належать до об'єктів, створення та експлуатація яких вимагає застосування процедур оцінки впливу на довкілля. Відсутність єдиної підпорядкованості гідротехнічних споруд у поєднанні зі зношеністю конструкцій та обладнання, старінням керівних кадрів, низьким рівнем заробітної плати персоналу становлять реальну загрозу для навколишнього природного середовища, держави, суспільства в цілому та людини зокрема. Замало уваги науковці приділяють також вивченню позитивних впливів наявних гідротехнічних споруд на довкілля, що призводить до недостатнього та/або нерационального використання їх потенціалу.

У нашій країні пріоритетними напрямками досліджень у галузі природно-техногенної безпеки залишаються заходи інженерно-технічного моніторингу, водночас практично не використовуються експертні методи, що базуються на аналізі факторів (показників) нечислової (вербальної) природи. У цьому контексті першочергового значення набуває необхідність *системного аналізу* проблем природно-техногенної безпеки гідровузлів, як складних геолого-інженерно-технічних систем. Іншим важливим аспектом таких аналітичних підходів є визначення потенціалу вказаних об'єктів у контексті їх використання на енергетичні, господарські та соціальні потреби. *Комплексний підхід*, з одного боку, може дати об'єктивну картину стану безпеки гідровузлів, визначити пріоритетний ряд механізмів запобігання надзвичайним ситуаціям і катастрофам, пов'язаним з

їх функціонуванням, а з іншого боку, дозволить реалізувати комплексну оцінку використання їх потенціалу. У зв'язку з цим актуальність роботи обумовлена необхідністю розробки сучасних методів оперативної комплексної оцінки природно-техногенної безпеки (ПТБ) гідровузлів, що у поєднанні з натурними спостереженнями та заходами інженерно-технічного моніторингу істотно полегшать обґрунтування та прийняття екологічно виважених рішень особами, які несуть відповідальність за безпечне функціонування та ефективне використання гідротехнічних споруд. На вирішення цих наукових проблем і спрямована дисертаційна робота.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Роботу було виконано на кафедрі екології та технології рослинних полімерів Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» згідно з комплексною науковою програмою НТУУ «КПІ» «Сталий розвиток» (протокол Вченої ради НТУУ «КПІ» № 4 від 06.04.2009 р.), а також згідно з відомчою темою: «Розробка аналітично-інформаційної системи прогнозування аварій та надзвичайних ситуацій на гідровузлах з використанням сучасних геоінформаційних технологій» (2013-2015 рр., № держреєстрації 0112U007446), що виконувалася Інститутом телекомунікацій і глобального інформаційного простору (ІТГП) НАН України.

Мета і задачі дослідження. Метою роботи є розробка методологічних основ комплексної оцінки негативних і позитивних впливів гідровузлів на довкілля у контексті відповідності вказаних об'єктів засадам екологічної безпеки держави, вирішення управлінських задач для їх проектування, експлуатації та модернізації.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі задачі:

- визначити особливості впливу гідровузлів на довкілля та екологічну безпеку держави і дослідити можливості застосування наявних методологічних підходів для вирішення задач управління безпекою таких об'єктів;
- провести системний аналіз проблем природно-техногенної безпеки гідровузлів із виділенням факторів небезпеки та заходів із запобігання їм;
- розробити та впровадити методіку комплексної оцінки проблем природно-техногенної безпеки гідровузлів;
- провести системний аналіз факторів позитивного впливу гідровузлів на довкілля, енергетичну, господарську та соціальну сфери;
- застосувати розроблений методологічний апарат для дослідження питань природно-техногенної безпеки 18 найбільших гідровузлів України і отримати на цій основі кількісні показники (індикатори);
- здійснити збір і систематизацію даних про 18 найбільших гідровузлів України та, поєднавши їх із даними, одержаними в результаті дослідження, побудувати геоінформаційну систему (ГІС) «Гідровузли України» для використання в аналітичних процедурах і під час прийняття відповідних управлінських рішень.

Об'єкт дослідження – природно-техногенна безпека гідровузлів, включаючи фактори загроз, заходи із запобігання загрозам, фактори позитивного впливу на довкілля, господарство та соціальну сферу.

Предмет дослідження – проблеми природно-техногенної безпеки 18 найбільших гідровузлів України.

Методи дослідження. У роботі були використані аналітичні, експертно-аналітичні, числові та геоінформаційні методи, а саме: системний аналіз і теорія ієрархічних систем для моделювання задач комплексної багатокритеріальної оцінки факторів і механізмів впливу гідровузлів на довкілля та екологічну безпеку; експертно-аналітичний метод аналізу ієрархій Т. Сааті для розв'язання задач із прийняття рішень у сфері експлуатації гідровузлів; методи математичної теорії обробки результатів спостережень для нормування числових характеристик, пов'язаних із функціонуванням гідровузлів та необхідних для оцінки ефективності використання їх інфраструктурного потенціалу в регіональному та загальнодержавному вимірах; методи ГІС-моделювання для створення програмного продукту картографічної візуалізації одержаних даних.

Наукова новизна одержаних результатів. У роботі вирішено наукову прикладну проблему комплексної оцінки чинників природно-техногенної безпеки (ПТБ) гідровузлів України.

У дисертації вперше:

– проведено системний аналіз чинників природно-техногенної безпеки (ПТБ) гідровузлів України, здійснено їх розгорнуту характеристику та класифікацію з виділенням груп факторів небезпеки і заходів із запобігання їм;

– розроблено прикладну методику комплексної багатокритеріальної оцінки чинників безпеки для формалізації процесів прийняття рішень у сфері управління експлуатацією гідровузлів, в основу якої покладено адаптований до поставлених задач дослідження експертний метод аналізу ієрархій Т. Сааті, та побудовано відповідну ієрархічну модель;

– визначено розподіл факторів загроз за інтенсивністю впливу, встановлено пріоритетні заходи із запобігання їм, обраховано кількісні значення інтегрального показника небезпеки (ІПН) для кожного з 18 найбільших гідровузлів України;

– здійснено порівняльний аналіз даних, отриманих з інтервалом у 10 років, розглянуто у динаміці зміну пріоритетів, напрямів і тенденцій у сфері забезпечення безпеки експлуатації гідровузлів, обґрунтовано та підготовлено відповідні рекомендації щодо реалізації відповідних управлінських заходів;

– визначено відповідність основних споруд гідровузлів класам відповідальності за наслідками на базі одержаних експертних оцінок;

– розроблено методику комплексної оцінки чинників позитивного впливу гідровузлів на енергетичну, господарську та соціальну сфери. На основі систематизованих статистичних даних, отриманих від державних і місцевих органів влади, з використанням запропонованих процедур нормування визначено кількісні показники позитивного впливу кожного з 18 найбільших гідровузлів України в енергетичній, господарській та соціальній сферах і відповідний інтегральний показник позитивного впливу (ІППВ), виконано оцінку ефективності використання інфраструктурного потенціалу гідровузлів у регіональному та загальнодержавному вимірах;

– розроблено геоінформаційну систему «Гідровузли України» у вигляді відповідного програмного продукту та здійснено паспортизацію 18 найбільших гідровузлів України.

Практичне значення одержаних результатів. Запропоновано нову методику системного аналізу проблем природно-техногенної безпеки гідровузлів України. На прикладі 18 найбільших гідровузлів України створено відповідну ієрархічну модель, визначено пріоритетний ряд основних груп факторів загроз природно-техногенній безпеці гідровузлів України та заходів для запобігання їм, одержано кількісні оцінки у вигляді інтегральних показників небезпеки та позитивного впливу вказаних об'єктів, а також здійснено їх відповідну деталізацію. Отримані в процесі дисертаційного дослідження кількісні оцінки можуть бути використані для встановлення схильності вказаних об'єктів до впливу різних груп факторів загроз, визначення пріоритетних заходів із запобігання їм, а також рівнів їх енергетичного, господарського та соціального потенціалу. Розроблена методика та побудована на її базі ПС «Гідровузли України» є універсальною та може бути застосована до інших довільних вибірок гідровузлів для подальших аналітичних досліджень, а також на управлінські потреби. Одержані у дисертаційному дослідженні результати були впроваджені у Інституті телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України, Державній службі України з надзвичайних ситуацій, Комітеті Верховної Ради України з питань екологічної політики, природокористування та ліквідації наслідків Чорнобильської катастрофи, Національному університеті водного господарства та природокористування (м. Рівне).

Особистий внесок здобувача полягає у виконанні дослідження, що було безпосередньо здійснено автором протягом 1999–2015 років. Представлені в дисертаційній роботі основні результати теоретичних досліджень, зібрані та систематизовані статистичні дані, а також дані, отримані шляхом експертних опитувань, опубліковано в наукових працях, наведених у переліку публікацій автореферату [1–29].

Автор особисто здійснив таке: аналіз літературних джерел, участь у побудові ієрархічної структури природно-техногенної безпеки України, аналіз отриманих результатів [1]; постановку та обґрунтування проблеми, огляд наукової літератури за темою дисертації, розробку методики комплексної оцінки природно-техногенної безпеки гідровузлів України, класифікацію факторів загроз ПТБ гідровузлів України та заходів із запобігання їм, побудову ієрархічної моделі [2, 6, 9-15, 17, 18, 23]; аналіз спеціального законодавства зарубіжних країн у сфері безпеки гідроспоруд [5]; оцінку правових аспектів безпеки гідротехнічних споруд [19, 20]; проведення експертних опитувань, обробку та інтерпретацію одержаних даних [3, 7, 16]; адаптацію розробленої здобувачем експертної методики оцінки природно-техногенної безпеки гідротехнічних споруд для їх ранжування за класами відповідальності за наслідками [4]; визначення відповідності основних споруд гідровузлів класам відповідальності за наслідками [21, 22]; збір, систематизацію та обробку статистичних даних, пов'язаних з основними характеристиками гідровузлів, енергетичною, господарською та соціальною

складовою їх функціонування [6, 24, 26, 27]; визначення інтегральних показників небезпеки та позитивного впливу [3, 6, 7]; глобальне та локальне ранжування груп факторів загроз і груп заходів із запобігання загроз ПТБ гідровузлів України [3, 7]; аналіз літературних джерел щодо методик побудови ГІС, систематизацію вихідних даних для ГІС-моделювання, розробку структури та інтерфейсу ГІС [8, 25, 28, 29]; формулювання основних положень і висновків дисертації [6, 7, 8].

Апробація результатів роботи. Матеріали дисертаційної роботи доповідалися на засіданнях кафедри технології рослинних полімерів та промислової екології Інженерно-хімічного факультету Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут», а також на наукових семінарах, конференціях, симпозіумах, зокрема: XX Міжнародному конгресі «Aqua–2000» (м. Плоцьк, Республіка Польща, 2000); III Всеукраїнській науково-практичній конференції студентів, аспірантів та молодих учених «Екологія. Людина. Суспільство» (м. Київ, 2000); II Симпозіумі “European Freshwater Sciences” (м. Тулуза, Франція, 2001 р.); III Міжнародній студентській науковій конференції «Середовище. Інженерія. Розвиток» (м. Краків, Республіка Польща, 2001); IV, V, VII, IX, XI, XII, XIV, XVI, XVII, XVIII Міжнародних науково-практичних конференціях студентів, аспірантів та молодих учених «Екологія. Людина. Суспільство» (м. Київ, 2001, 2002, 2004, 2006, 2008, 2009, 2011, 2013, 2014, 2015 рр.); III Науково-практичній конференції “Вплив руйнівних повеней та зсувних процесів на функціонування інженерних мереж” (м. Ужгород, 2002 р.); V Міжнародній студентській конференції “Environment. Development. Engineering. Modelling” (м. Краків, Польща, 2004 р.); Міжнародному екологічному форумі молодих науковців «Ecoaltica 2008” (м. С.-Петербург, Російська Федерація, 2008 р.); XXV Міжнародній науково-технічній конференції з питань розвитку електроенергетики України «Енергетика майбутнього в Україні: альтернативи, ефективність, безпека» (сміт Миколаївка, АР Крим, 2012 р.); Міжнародному екологічному форумі молодих науковців «Ecoaltica 2012” (м. С.-Петербург, Російська Федерація, 2012 р.); Міжнародному екологічному форумі молодих науковців «Ecoaltica 2013” (м. С.-Петербург, Російська Федерація, 2013 р.); Міжнародному екологічному форумі молодих науковців «Ecoaltica 2015” (м. С.-Петербург, Російська Федерація, 2015 р.).

Публікації. Основний зміст дисертації викладений у 29 наукових роботах, з яких 8 статей надруковано у фахових наукових виданнях у галузі технічних наук (з них 3 роботи у журналі, що входить до міжнародних наукометричних баз), 20 – у збірниках матеріалів конференцій. Отримано 1 свідоцтво України на реєстрацію авторського права на комп’ютерну програму.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, списку використаних джерел з 140 найменувань, 5 додатків (з яких один – на оптичному носії інформації). Робота виконана на 171 сторінках основного тексту, що містить 11 рисунків і 27 таблиць. Додатки до роботи представлені на 136 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

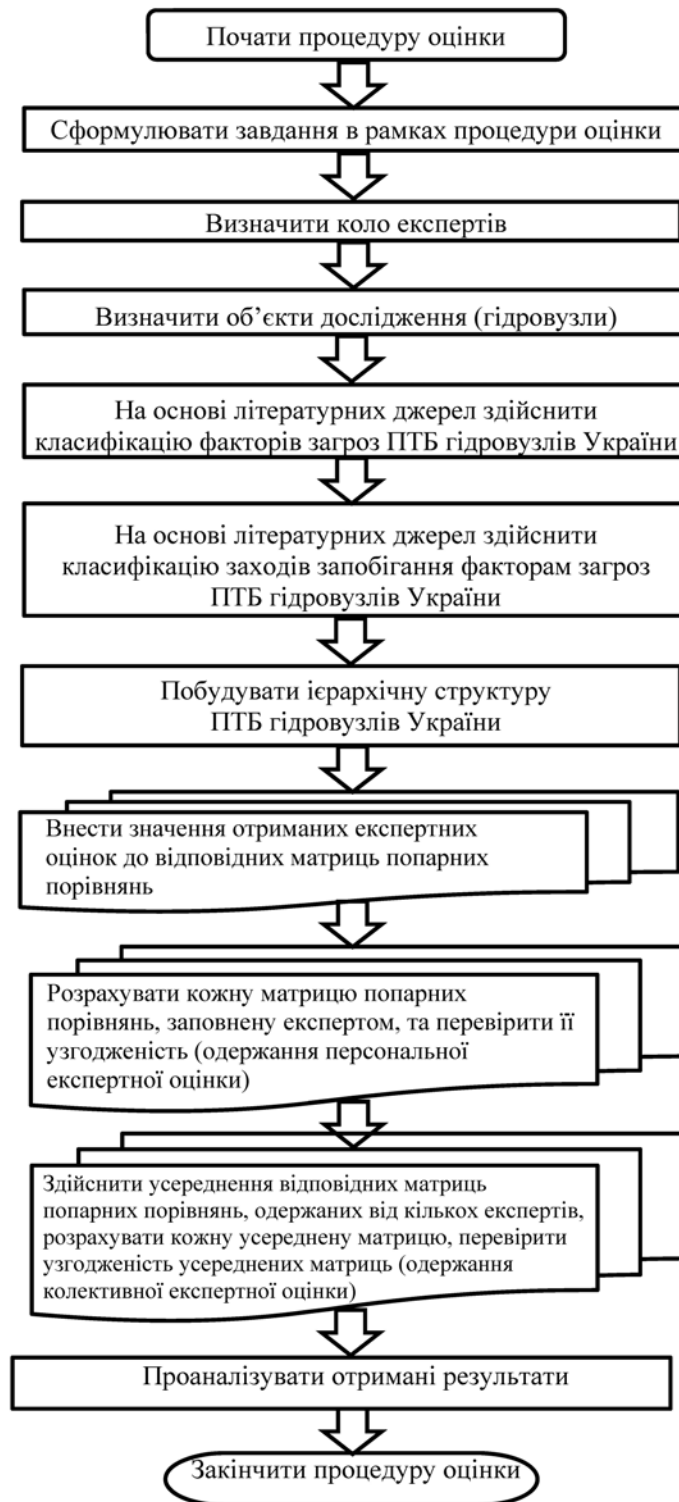


Рис. 1. Блок-схема реалізації комплексної оцінки чинників ПТБ ГВ України

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дослідження, зв'язок обраного напрямку з науковими програмами, планами, визначено мету, об'єкт, предмет і задачі дослідження, сформульовано наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, наведено особистий внесок здобувача.

У **першому розділі** дисертації наведено літературний огляд, в якому узагальнено та проаналізовано: вплив гідротехнічних споруд на довкілля та їх роль у господарській діяльності людини; основні фактори, вплив яких визначає надійність і безпеку експлуатації гідровузлів; характеристики надійності та безпеки гідротехнічних споруд; особливості законодавчого регулювання та експертизи безпеки гідротехнічних споруд. Наведено огляд відомих методів оцінки надійності та безпеки гідротехнічних споруд і виділені основні проблеми їх застосування. Окрема увага приділена аналізу можливості використання методології системного аналізу для вирішення задач оцінки природно-техногенної безпеки гідровузлів.

У **другому розділі** дисертації представлено запропоновану здобувачем методику системного аналізу проблем природно-техногенної безпеки застосуванні експертного методу

гідровузлів України (рис. 1), що базується на застосуванні експертного методу

попарних порівнянь у поєднанні з методом аналізу ієрархій Т. Сааті із докладним описом математичного апарату вказаного методу. Застосований метод дозволяє здійснити коректну трансформацію вербальних суджень експертів у чисельний вигляд (оскільки для гідровузлів доволі важко здійснити комплексну оцінку впливу певних факторів, базуючись лише на інформації числової природи), що репрезентативно відбиватиме їх уявлення про зазначену проблематику.

Розроблено ієрархічну структуру ПТБ гідровузлів України, що складається з чотирьох рівнів (рис. 2):

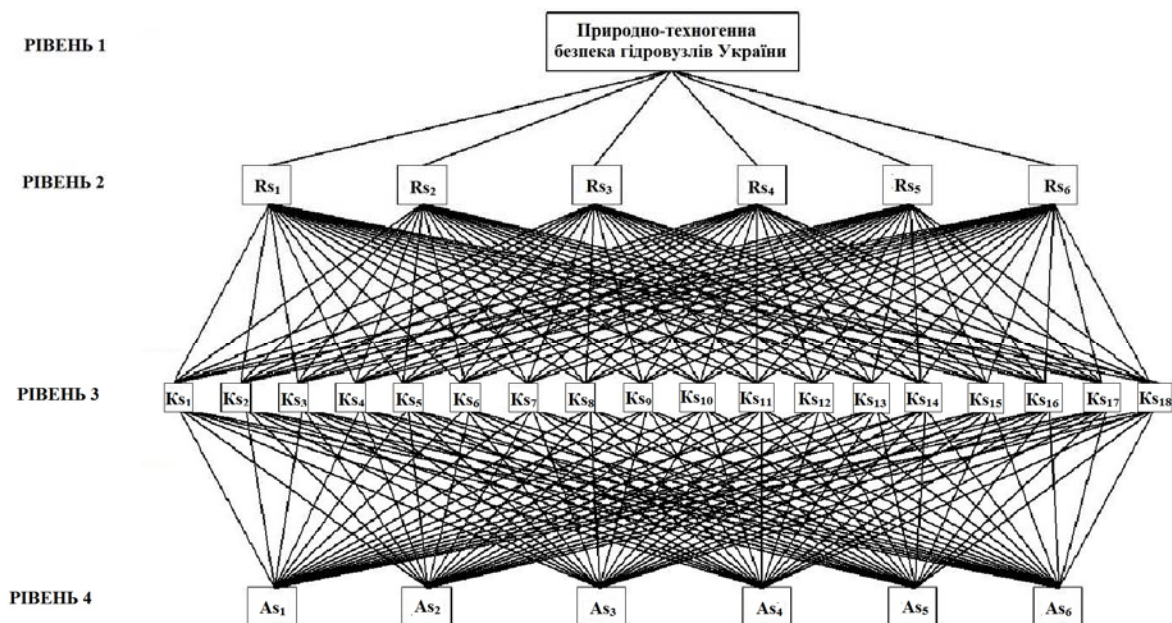


Рис. 2. Візуалізація ієрархічної структури ПТБ гідровузлів України

1-й рівень (мета) – природно-техногенна безпека гідровузлів України;

2-й рівень – групи факторів загроз природно-техногенній безпеці гідровузлів України: Rs_1 – пов’язані зі стихійними лихами та кліматичними умовами; Rs_2 – пов’язані з геолого-гідрологічними та проектно-інженерними параметрами гідровузлів; Rs_3 – пов’язані з технічними та технологічними аспектами експлуатації гідровузлів; Rs_4 – пов’язані з господарською діяльністю людей в акваторії гідровузла та на прилеглий до нього території; Rs_5 – пов’язані із соціальною сферою; Rs_6 – пов’язані з регіональними воєнними конфліктами, тероризмом і саботажними проявами;

3-й рівень – досліджувані гідровузли України: Ks_1 – Каховський; Ks_2 – Кременчуцький; Ks_3 – Київський; Ks_4 – Дніпровський; Ks_5 – Канівський; Ks_6 – Дніпродзержинський; Ks_7 – Дністровський; Ks_8 – Червонооскільський; Ks_9 – Печенізький; Ks_{10} – Карачунівський; Ks_{11} – Ладизинський; Ks_{12} – Курахівський; Ks_{13} – Бурштинський; Ks_{14} – Хрінницький; Ks_{15} – Іскрівський; Ks_{16} – Щедрівський; Ks_{17} – Терєбля-Ріцький; Ks_{18} – Касперівський.

4-й рівень – заходи із запобігання факторам загроз ПТБ гідровузлів України: As_1 – пов’язані із забезпеченням екологічного та інженерно-технічного

моніторингу у галузі; As₂ – пов’язані із забезпеченням ефективних управління та експлуатації гідротехнічних споруд, природних ресурсів акваторій водосховищ і прилеглих до них територій; As₃ – пов’язані із соціальним забезпеченням та охороною праці у галузі; As₄ – пов’язані із боротьбою з тероризмом та організованою злочинністю; As₅ – пов’язані із розробкою та впровадженням нових технологій та обладнання у галузі; As₆ – пов’язані з формуванням громадської думки та зв’язками з громадськістю та інститутами громадянського суспільства.

Запропонована детальна характеристика чинників, що належать до груп факторів загроз ПТБ гідровузлів України (2-й рівень ієрархії) та груп заходів із запобігання факторам загроз ПТБ гідровузлів України (4-й рівень ієрархії), наведена стисла характеристика об’єктів дослідження – 18 найбільших гідровузлів України (3-й рівень ієрархії).

Для здійснення експертного опитування було розроблено відповідну анкету (зразок анкети наведено у додатку А до дисертаційного дослідження), що містила матриці попарних порівнянь для кожного з рівнів ієрархії, та низку запитань:

– 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;

– яка з визначених груп заходів інтенсивніше впливає на запобігання загрозам ПТБ конкретного досліджуваного гідровузла.

У дослідженні взяло участь 8 експертів у 2003 р. та 8 експертів у 2013 р., всі вони мають вищу освіту у галузі гідротехнічного будівництва та/або експлуатації гідротехнічних споруд і досвід роботи у вказаній сфері не менше 10 років. Заповнення анкет експертами у 2003 р. здійснювалось у паперовому вигляді, а у 2013 р. – за допомогою програмного пакету «Система підтримки прийняття рішень «Выбор». Обробка одержаних експертних оцінок здійснювалась у редакторі MS Excel. З метою перевірки та уніфікації якості розрахунків заповнені у 2003 р. анкети були повторно оброблені у 2013 р. Узгодженість експертних суджень визначали шляхом розрахунку передбаченого МАІ індексу узгодженості (ІУ), що дає уявлення про порушення числової та транзитивної узгодженості матриць попарних порівнянь.

Результатами розрахунку стало одержання множин локальних і глобальних пріоритетів. Значення локальних пріоритетів дозволили оцінити вплив елемента одного рівня ієрархії на кожний пов’язаний з ним елемент іншого рівня ієрархії та отримати відповіді 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 кожний з досліджуваних гідровузлів;

– яким чином розподіляється значимість застосування кожної з визначених груп заходів із запобігання загрозам ПТБ для кожного з досліджуваних гідровузлів.

Значення глобальних пріоритетів дозволяють визначити *інтегральні показники* впливу елементів одного рівня ієрархії на кожний із взаємопов'язаних з ними елементів іншого рівня ієрархії та отримати відповіді на такі запитання:

– *яким чином відбувається ранжування об'єктів дослідження (гідровузлів України) відносно сумарного впливу шести визначених груп факторів загроз (інтегрального показника небезпеки);*

– *яким чином відбувається усереднене ранжування визначених груп заходів із запобігання загрозам ПТБ гідровузлів України за значущістю відносно всіх досліджуваних об'єктів у цілому.*

Розподіл глобальних пріоритетів для різних рівнів ієрархії наведено на рис. 3, 4, 5. Приклад розподілу локальних пріоритетів для різних рівнів ієрархії наведено на рис. 6, 7 (розшифровку позначень до діаграм наведено на С. 7-8).

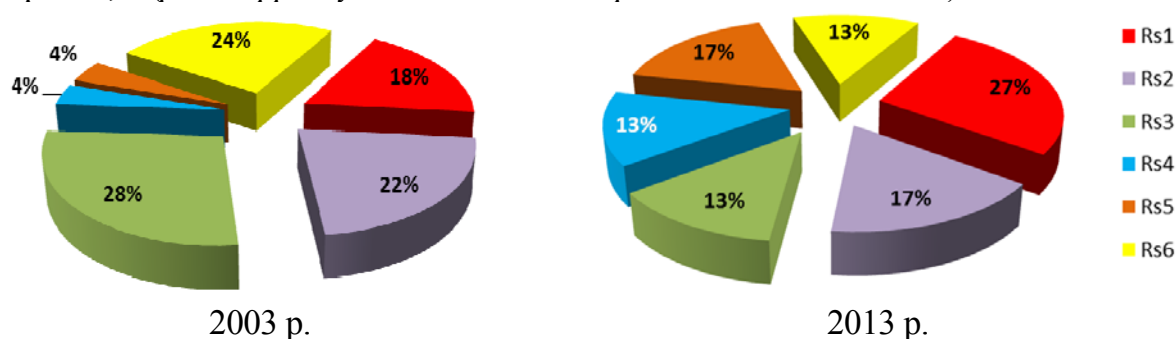


Рис. 3. Розподіл глобальних пріоритетів для 2-го рівня ієрархії (вплив груп факторів загроз ПТБ гідровузлів України)

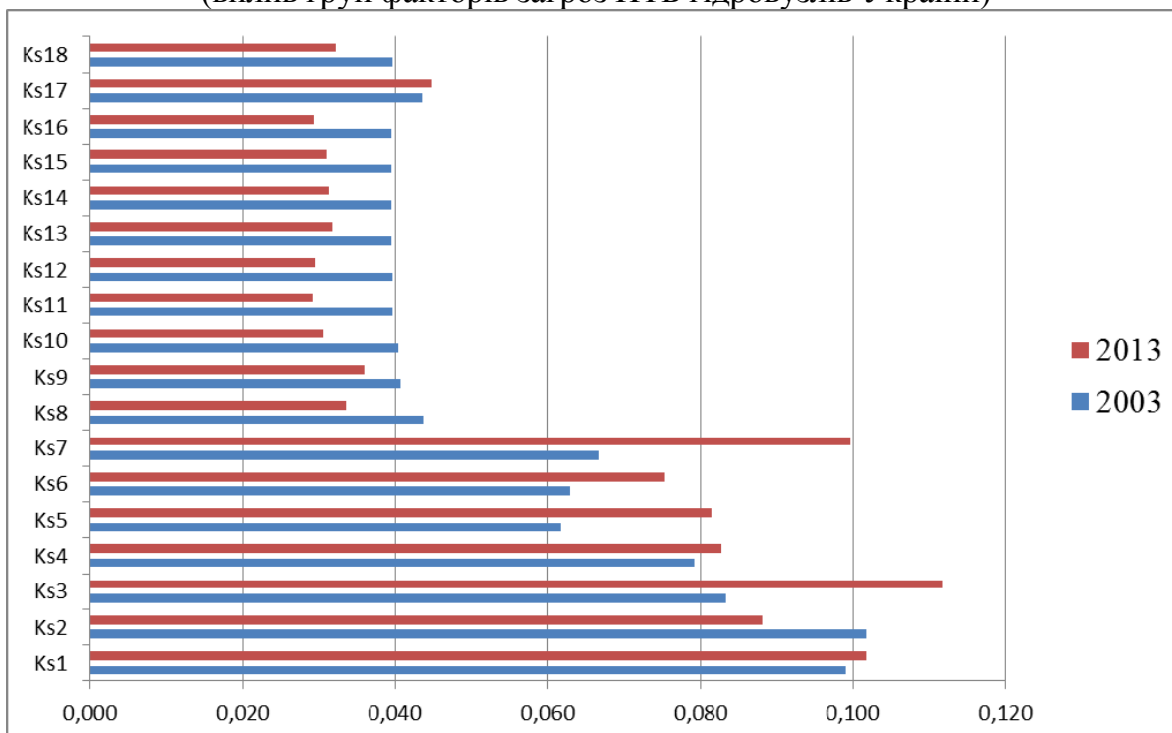


Рис. 4. Розподіл глобальних пріоритетів для 3-го рівня ієрархії (інтегральний показник небезпеки)

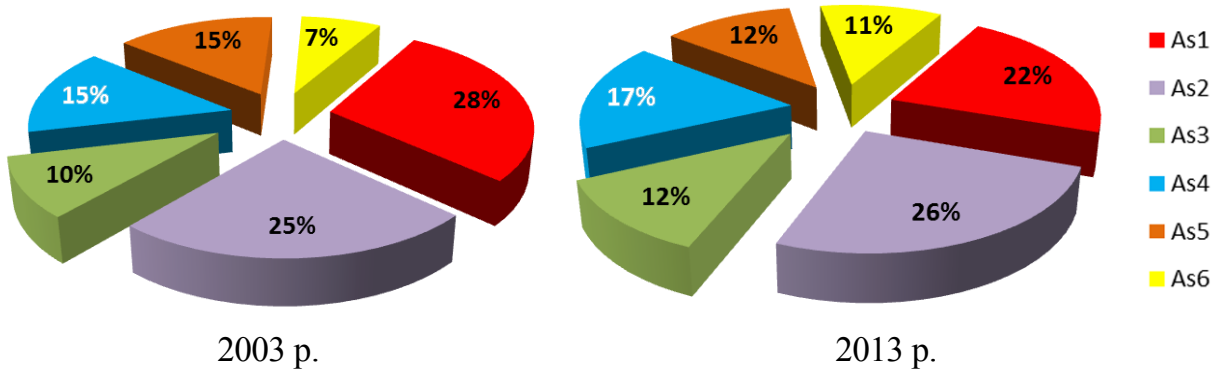


Рис. 5. Розподіл глобальних пріоритетів для 4-го рівня ієрархії (заходи із запобігання факторам загроз ПТБ гідровузлів України)

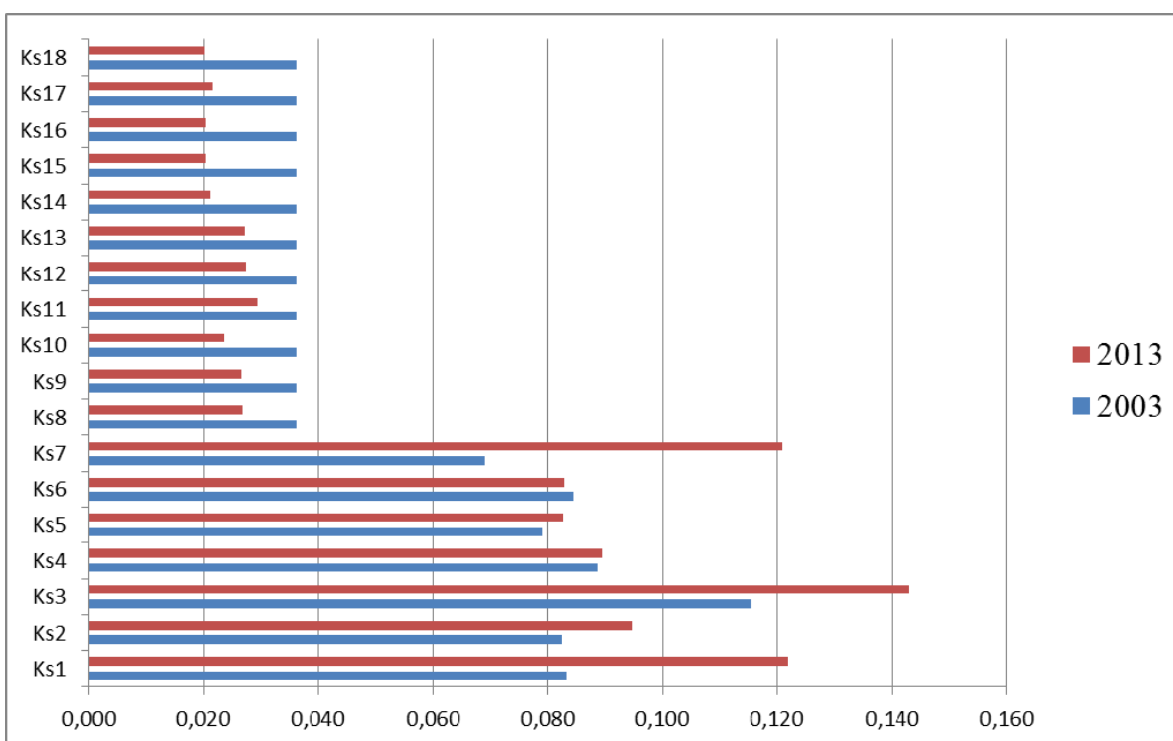


Рис. 6. Розподіл локальних пріоритетів для 2-го рівня ієрархії (вплив групи факторів загроз, пов'язаних із соціальною сферою, на ПТБ гідровузлів України)

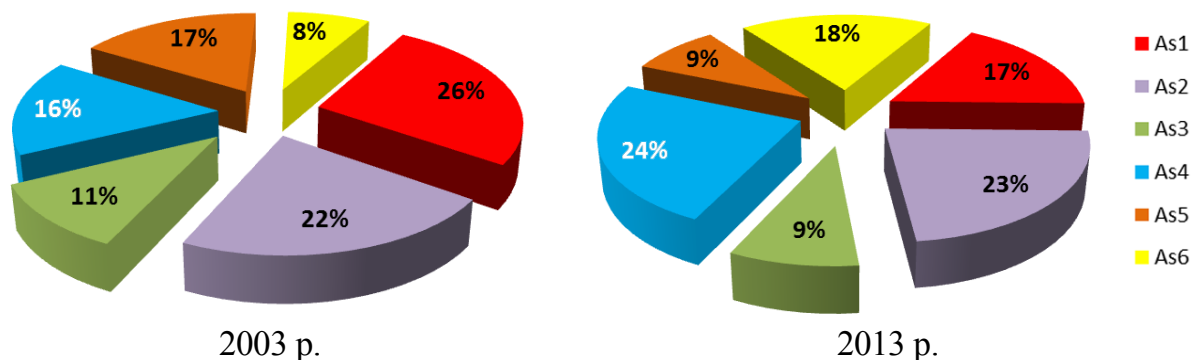


Рис. 7. Розподіл локальних пріоритетів для 4-го рівня ієрархії для Київського гідровузла (заходи із запобігання факторам загроз ПТБ гідровузлів України)

(ГАЕС); використання водосховищ для пароутворення та охолодження промислових об'єктів, у т.ч. ТЕС, атомних електростанцій (АЕС) тощо);

Група 2 – фактори, пов'язані із захистом від повеней та позитивним впливом на кліматичні умови прилеглих територій (можливість регулювання стоку для запобігання паводків, пом'якшення клімату за рахунок підвищення мінімумів і зниження максимумів температур повітря тощо);

Група 3 – фактори, пов'язані з господарською діяльністю в акваторії верхнього та нижнього б'єфів та на прилеглий прибережній території (використання ресурсів водосховищ для водного транспорту, зрошування, водовідведення на промислові та побутові потреби, промислового вилову риби та промислового риборозведення, резервного водопостачання, в т.ч. протипожежного);

Група 4 – фактори, пов'язані з покращенням умов довкілля та розширенням біорозмаїття в акваторії верхнього та нижнього б'єфів та на прилеглий прибережній території (зміни рельєфу прилеглих територій, рекультивация ландшафтів; підвищення рівня ґрунтових вод на прибережній території у посушливих регіонах; покращення умов для нересту цінних видів риби; санітарні попуски);

Група 5 – фактори, пов'язані із соціальною сферою (роль інфраструктури гідровузлів як основного елемента містоутворення; розвиток туризму та відпочинку, водних видів спорту, мисливства та любительської риболовлі).

За призначенням усі досліджувані гідровузли здійснюють регулювання стоку з метою запобігання паводків, проте систематизовані наукові дані щодо змін локальних кліматичних умов і біорозмаїття, спричинених створенням водосховищ, у літературі відсутні, саме тому в цьому розділі було розглянуто вплив факторів 1, 3 та 5 груп. Вихідні дані для дослідження станом на 2013 р. були отримані з відкритих джерел, у профільних міністерствах та відомствах України, їх регіональних підрозділах, а також в обласних державних адміністраціях (ОДА) відповідно до норм законів України «Про доступ до публічної інформації» та «Про звернення громадян».

З метою отримання інтегрального показника позитивного впливу для кожного з досліджуваних об'єктів всі одержані дані, що мали неоднорідний вигляд, було приведено до єдиної масштабної шкали шляхом їх нормалізації та подальшого нормування за формулою: $x_i^N = \frac{1}{1 + e^{\frac{\bar{x} - x_i}{\sigma}}}$ (1),

де x_i^N – нормоване значення показника x , x_i – нормалізоване значення показника x , \bar{x} – середнє арифметичне нормалізованих значень показника x для всіх об'єктів, σ – середньоквадратичне відхилення для ряду нормалізованих значень показника x для всіх об'єктів.

Для показників x , що містять у своєму масиві нульові значення, підсумкові нормовані значення x_i^{Nnidc} визначали за такою формулою: $x_i^{Nnidc} = x_i^N - x_0^N$ (2),

де x_i^N – нормоване значення показника x , x_0^N – нормоване значення показника x , що має нульове значення, причому обидва значення розраховані за формулою (1).

Для кожного з гідровузлів обраховували проміжні інтегральні показники позитивного впливу для груп факторів, пов'язаних з господарською діяльністю та соціальною сферою, з використанням такої формули:

$$R = x_1^N v_1 + x_2^N v_2 + \dots + x_n^N v_n \quad (3),$$

де x_i^N – нормоване значення показника x , розрахованого за формулою (1) або (2), а v_i – визначені експертним шляхом вагові коефіцієнти.

Інтегральний показник позитивного впливу (табл. 1) розраховували за наступною формулою: $R_{int}=R_1+R_2+R_3$ (4),

де R_1 – проміжний показник позитивного впливу для енергетичної складової; R_2 – проміжний інтегральний показник позитивного впливу для господарської діяльності; R_3 – проміжний інтегральний показник позитивного впливу для соціальної сфери.

Таблиця 1

Значення проміжних (R_1, R_2, R_3) та підсумкового (R_{int}) інтегральних показників позитивного впливу гідровузлів

№	Назва гідровузла	Енергетика R_1	Господарська діяльність R_2	Соціальна сфера R_3	Підсумковий інтегральний показник	
					R_{int}	Ранг
1.	Бурштинський	0,604	0,110	0,061	0,775	1
2.	Дніпровський	0,471	0,254	0,035	0,759	2
3.	Дніпродзержинський	0,117	0,115	0,043	0,276	9
4.	Дністровський	0,231	0,049	0,022	0,303	8
5.	Іскрівський	0	0,108	0,046	0,154	13
6.	Канівський	0,152	0,178	0,037	0,368	6
7.	Карачунівський	0	0,179	0,024	0,203	11
8.	Касперівський	0,002	0,118	0,047	0,166	12
9.	Каховський	0,104	0,258	0,038	0,400	5
10.	Київський	0,218	0,027	0,029	0,274	10
11.	Кременчуцький	0,207	0,105	0,028	0,340	7
12.	Курахівський	0,468	0,073	0,070	0,611	4
13.	Ладжинський	0,532	0,049	0,041	0,621	3
14.	Печенізький	0	0,049	0,030	0,079	16
15.	Теребля-Ріцький	0,008	0	0,024	0,032	18
16.	Хрінницький	< 0,001	0	0,042	0,043	17
17.	Червонооскільський	0,001	0,048	0,036	0,085	15
18.	Щедрівський	< 0,001	0,050	0,036	0,087	14

Аналіз одержаних даних, зокрема, підтвердив, що досліджувані гідровузли України, крім виробництва електроенергії, інтенсивно задіяні у багатьох сферах життєдіяльності суспільства, проте їх потенціал використовується на недостатньому рівні, особливо це стосується всіх гідровузлів Дніпровського каскаду та Дністровського гідровузла. Натомість менші гідровузли мають більш розвинену господарську та рекреаційну інфраструктуру. Одержані у цьому розділі розрахункові дані було візуалізовано за допомогою ГІС-моделювання.

У четвертому розділі представлено запропоновану методику побудови ГІС «Гідровузли України», яку можна використати при комплексній оцінці та аналізі стану природно-техногенної безпеки (ПТБ) водосховищ, їх взаємодії з прилеглими природними комплексами та адміністративними одиницями та впливу на них, а також для реалізації можливостей моніторингу та аналізу геопросторової інформації, допомоги в прийнятті рішень у сфері управління гідротехнічними спорудами та прилеглою територією у контексті забезпечення сталого розвитку цих складних природно-техногенних систем. Схему організації структури ГІС гідротехнічних споруд представлено на рис. 9.

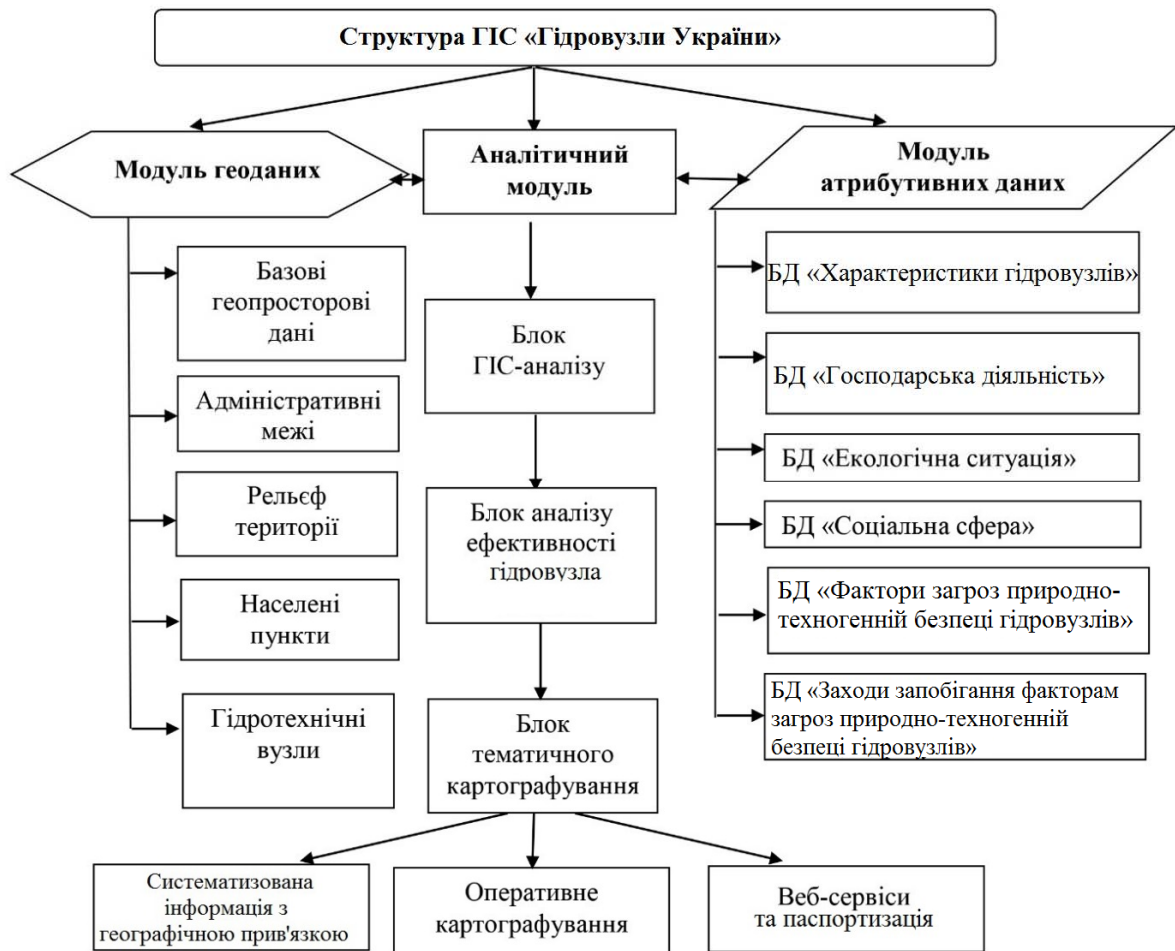


Рис. 9. Схема організації структури ГІС гідротехнічних споруд

Основними завданнями запропонованої ГІС є:

- моніторинговий збір і систематизація геопросторової інформації, що стосується параметрів, факторів та умов експлуатації гідровузла;
- зберігання геопросторової інформації у вигляді реляційних просторових баз даних з набором атрибутивної інформації;
- систематизація інформації у вигляді тематичних блоків з формалізованим набором функцій обробки;
- обробка, аналіз та візуалізація інформації за допомогою електронних карт, сервісів, звітів з можливістю динамічного оновлення вхідних даних;

- геоінформаційне моделювання основних інфраструктурних об'єктів, споруд гідровузлів тощо;
- формування просторових та атрибутивних запитів, застосування засобів ГІС-аналізу, геостатистики та алгоритмів інтелектуальної обробки інформації;
- оцінка ефективності та потенційних загроз функціонування гідровузла як складної природно-техногенної системи;
- використання як елемента контролю за безпекою гідроспоруд для прийняття управлінських рішень з питань безпечного функціонування гідровузла на різних рівнях: місцевому, регіональному, відомчому, національному тощо;
- створення серій карт і звітів, що присвячені різним напрямам і сферам природокористування, рекреації, охорони довкілля тощо, пов'язаних з експлуатацією гідровузлів;
- надання інформації для широких кіл громадськості з метою забезпечення прозорості у сфері експлуатації гідровузлів, а також використання цієї інформації як елемента системи екологічної освіти та виховання (створення відповідних геопорталів та веб-сервісів). ГІС «Гідровузли України» також була реалізована у вигляді комп'ютерної програми, яку наведено у додатку Г до дисертації.

У **додатках** наведено анкету для здійснення експертного опитування, проміжні та підсумкові дані розрахунків для розділу 2, паспорти 18 найбільших гідровузлів України, комп'ютерну програму ГІС «Гідровузли України» та акти впровадження.

ВИСНОВКИ

Дисертація є завершеною самостійною науково-дослідною роботою. В ній запропоновано новий підхід для вирішення актуальної проблеми системного аналізу та комплексної оцінки проблем природно-техногенної безпеки гідровузлів України.

1. Встановлено, що з метою ефективного прийняття управлінських рішень, спрямованих на реалізацію заходів безпеки, та для запобігання надзвичайним ситуаціям на об'єктах гідротехнічної галузі доцільно застосовувати підходи системного аналізу, бо наявні методи не дозволяють оперативно та комплексно оцінювати вплив факторів загроз на ці геоінженерні споруди.

2. Вперше здійснено системний аналіз і класифікацію чинників природно-техногенної безпеки гідровузлів України з виділенням груп факторів загроз та заходів, спрямованих на запобігання їм.

3. Розроблено багатокритеріальну комплексну методику оцінки безпеки гідровузлів із застосуванням експертно-аналітичних процедур у поєднанні з методом аналізу ієрархій (MAI) Т. Сааті та побудовано ієрархічну модель природно-техногенної безпеки гідровузлів України.

4. Розраховано кількісні значення інтегрального показника небезпеки (ІПН), здійснено ранжування груп факторів загроз за ступенем впливу на кожний з 18 найбільших вітчизняних гідровузлів зокрема та безпеку гідровузлів України в цілому, визначені пріоритетні заходи для запобігання їм. Встановлено, що станом

на 2013 р. найвище значення ІПН має *Київський* гідровузол, а найнижче – *Ладизжинський, Курахівський* та *Щедрівський* гідровузли. Пріоритетними заходами із запобігання загрозам ПТБ досліджуваних гідровузлів є заходи, пов'язані із забезпеченням ефективних управління та експлуатації гідротехнічних споруд, природних ресурсів акваторій водосховищ і прилеглих до них територій.

5. На базі одержаних експертних оцінок було здійснено порівняльний аналіз відповідності основних споруд досліджуваних гідровузлів встановленим нормативами класам відповідальності за наслідками та зроблено висновки про необхідність першочергової модернізації гідроспоруд *Київського, Канівського, Дніпродзержинського, Печенізького, Іскрівського, Теребля-Ріцького* та *Касперівського* гідровузлів.

6. Завдяки порівнянню даних, одержаних у 2003 та 2013 рр., було визначено тренди, що спостерігаються у галузі дослідження. Встановлено, що за вказаний період істотно зросли загрози ПТБ гідровузлів України, пов'язані зі *стихійними лихами та кліматичними умовами, господарською діяльністю людини в акваторії гідровузлів та прилеглих до них територій, соціальною сферою*; рівень інтегрального показника небезпеки показав тенденцію до істотного зростання для *Київського, Канівського, Дніпродзержинського та Дністровського* гідровузлів, а пріоритетними для запобігання факторам загроз ПТБ гідровузлів України залишаються заходи, пов'язані із *забезпеченням екологічного та інженерно-технічного моніторингу у галузі і ефективного управління та експлуатації гідротехнічних споруд, природних ресурсів акваторій водосховищ і прилеглих до них територій*.

7. Вперше розроблено методичку комплексної оцінки чинників позитивного впливу гідровузлів на довкілля, енергетичну, господарську та соціальну сфери, що включає визначення інтегрального показника позитивного впливу (ІППВ). На прикладі 18 найбільших гідровузлів України було підтверджено, що досліджувані гідровузли України, крім виробництва електроенергії, інтенсивно задіяні у багатьох сферах життєдіяльності суспільства. Встановлено, що станом на 2013 р. найвище значення ІППВ має *Буришинський* гідровузол, а найнижче – *Теребля-Ріцький*. Водночас аналіз одержаних значень ІППВ показав, що потенціал гідровузлів великої енергетики використовується недостатньо, натомість менші гідровузли мають більш розвинену господарську та рекреаційну інфраструктуру.

8. На основі систематизованих та одержаних у процесі виконання дисертаційної роботи даних проведено паспортизацію 18 найбільших гідровузлів України, розроблено геоінформаційну систему «Гідровузли України» та її програмну реалізацію, що була введена в дослідну експлуатацію для наукових, освітніх та управлінських потреб.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПУБЛІКАЦІЙ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Качинський А.Б. Експертний метод порівняльної оцінки природно-техногенної небезпеки регіонів України / А. Б. Качинський, Н. В. Агаркова, **Д. Е. Бенатов** // Наукові вісті НТУУ “КПІ”. – 2001. – № 6. – С. 39-46. (*Особистий внесок здобувача: аналіз літературних джерел, участь у побудові ієрархічної структури природно-техногенної безпеки України, аналіз отриманих результатів*).
2. **Бенатов Д. Е.** Аналіз факторів загроз природно-техногенній безпеці гідровузлів та механізмів їх запобіганню / Д. Е. Бенатов // Екотехнології та ресурсозбереження. – 2002. – № 3. – С. 62-67.
3. **Бенатов Д. Е.** Застосування методу аналізу ієрархій (МАІ) для порівняльної оцінки факторів загроз природно-техногенній безпеці гідровузлів України та механізмів їх запобіганню / Д. Е. Бенатов // Екотехнології та ресурсозбереження. – 2003. – № 4. – С. 52-57.
4. Стефанишин Д. В. Методика експертної оцінки безпеки гідротехнічних споруд на основі їх ранжирування за класами / Д. В. Стефанишин, **Д. Е. Бенатов** // Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. – 2009. № 3(47), ч. 1. – С. 513-520. (*Особистий внесок здобувача: аналіз літературних джерел, адаптація розробленої здобувачем експертної методики оцінки природно-техногенної безпеки гідротехнічних споруд для їх ранжування за класами відповідальності за наслідками*).
5. Стефанишин Д. В. Особливості законодавчого регулювання та експертизи безпеки гребель ГЕС / Д. В. Стефанишин, **Д. Е. Бенатов** // Гідроенергетика України. – 2012. – № 2. – С. 40-44. (*Особистий внесок здобувача: аналіз спеціального законодавства зарубіжних країни у сфері безпеки гідроспоруд*).
6. **Бенатов Д. Е.** Оцінка факторів позитивного впливу гідровузлів України на навколишнє середовище, промислову, сільськогосподарську та соціальну сфери / Д. Е. Бенатов // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2014. – № 3/8. – С. 18–26. (Входить до наукометричних баз Scopus, Index Copernicus, РИНЦ, BASE, EBSCO).
7. **Бенатов Д. Е.** Системний аналіз чинників природно-техногенної безпеки найбільших гідровузлів України / Д. Е. Бенатов // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2015. – № 5/10. – С. 12–21. (Входить до наукометричних баз Scopus, Index Copernicus, РИНЦ, BASE, EBSCO)
8. Путренко В. В. Геоінформація система «Гідровузли України» - важливий елемент підтримки управлінських процедур / В. В. Путренко, **Д. Е. Бенатов**, Д. В. Стефанишин // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2016. – № 1/3. – С. 48–53. (Входить до наукометричних баз Scopus, Index Copernicus, РИНЦ, BASE, EBSCO). (*Особистий внесок здобувача: аналіз літературних джерел, систематизація вихідних даних для ГІС-моделювання, розробка структури та інтерфейсу ГІС*).
9. **Benatov D. E.** Place and role of emergencies of hydraulic engineering objects, particularly – on weirs, in system of technogenic safety on the state / **D. E. Benatov**,

A. V. Kachinskiy // XXI Sympozjum [AQUA-2000] (Plock, May 25-26, 2000). – Plock, 2000. – P. 70-76.

10. Качинський А. Б. Роль аварійних ситуацій на греблях гідротехнічних споруд у системі техногенної безпеки держави / А. Б. Качинський, **Д. Е. Бенатов** // III Міжнародна науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених [Екологія. Людина. Суспільство] (м. Київ, 12-12 травня 2000 р.): тези доповідей. – К., 2000. – С. 104-106.

11. Kachinskiy, A.V. Classification and analysis primary components of the hydrosystems' nature-man-caused safety / A. V. Kachinskiy, **D. E. Benatov** // III international students' conference [Environment. Development. Engineering] (Krakow, May 30-31, 2001). – Krakow, 2001. – P. 90-96.

12. **Benatov D. E.** Creation of a mathematical nature-man-caused safety model of Ukrainian hydrosystems by means of a hierarchy analysis method / D. E. Benatov, A. V. Kachinskiy // IV Міжнародна науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених [Екологія. Людина. Суспільство] (м. Київ, 14-16 травня 2001 р.): тези доповідей. – К., 2001. – С. 110.

13. **Benatov D. E.** Creation of a mathematical nature-man-caused safety model of Ukrainian hydrosystems by means of a hierarchy analysis method / D. E. Benatov // II Symposium for European Freshwater Sciences (Toulouse, July 8-12, 2001). – Toulouse, 2001. – P. 12.

14. **Бенатов Д. Е.** Застосування методів системного аналізу для ранжування факторів загроз природно-техногенній безпеці (ПТБ) гідровузлів України та визначення пріоритетних механізмів їх запобігання / Д. Е. Бенатов // III науково-практична конференція [Вплив руйнівних повеней та зсувних процесів на функціонування інженерних мереж] (м. Ужгород, 25-28 лютого, 2002 р.): мат. конф. – Ужгород, 2002. – С. 99-101.

15. **Бенатов Д. Э.** Использование метода анализа иерархий (МАИ) для ранжирования факторов угроз природно-техногенной безопасности (ПТБ) гидроузлов Украины и определения приоритетных механизмов их предотвращения / Д. Э. Бенатов, А. Б. Качинский // V Міжнародна науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених [Екологія. Людина. Суспільство] (м. Київ, 13-15 травня 2002 р.): тези доповідей. – К., 2002. – С. 356-357.

16. **Benatov D.E.** Application of hierarchies analysis method for comparison of menace factors of ukrainian hydrosystems' nature-man-caused safety and mechanisms of their prevention / **D. E. Benatov**, A. V. Kachinskiy // III international students' conference [Environment. Development. Engineering] (Krakow, May, 20-21, 2004). – Krakow, 2004. – P. 6.

17. **Бенатов Д. Е.** Оцінка ризиків, як важлива складова аналізу природно-техногенної безпеки гідровузлів України // **Д. Е. Бенатов**, В. Юнга // VII Міжнародна науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених [Екологія. Людина. Суспільство] (м. Київ, 13-15 травня, 2004 р.): тези доповідей. – К., 2004. – С. 87.

18. **Бенатов Д. Е.** Оцінка ризиків та прийняття рішень у контексті вирішення питань надійності, соціальної та екологічної безпеки гідротехнічних об'єктів // Д. Е. Бенатов // IX Міжнародна науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених [Екологія. Людина. Суспільство] (м. Київ, 17-19 травня, 2006 р.): тези доповідей. – К., 2006. – С. 60.

19. Качинський А. Б. Правові аспекти безпеки гідротехнічних споруд / А. Б. Качинський, Д. В. Стефанишин, **Д. Е. Бенатов** // XI Міжнародна науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених [Екологія. Людина. Суспільство] (м. Київ, 13-17 травня 2008 р.): тези доповідей. – К., 2008. – С. 313-314.

20. Качинський Д. В. К вопросу о правовых аспектах безопасности гидротехнических сооружений в контексте национальной безопасности государства / Д. В. Качинський, Д. В. Стефанишин, **Д. Е. Бенатов** // The international youth science environmental forum [Ecobaltica 2008] (St.-Petersburg, June 26-28, 2008). – С.-Пб., 2008. – С. 221-223.

21. Стефанишин Д. В. Експертна оцінка безпеки гідротехнічних споруд на основі їх ранжирування за класами // Д. В. Стефанишин, **Д. Е. Бенатов** // XII Міжнародна науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених [Екологія. Людина. Суспільство] (м. К., 13-17 травня 2009 р.): тези доповідей. – К., 2009. – С. 135-136.

22. Стефанишин Д. В. Визначення відповідності гідротехнічних споруд класам за результатами їх експертизи методом аналізу ієрархій // Д. В. Стефанишин, **Д. Е. Бенатов** // XIV Міжнародна науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених [Екологія. Людина. Суспільство], (м. Київ, 18-22 травня 2011 р.): тези доповідей. – К., 2011. – С. 31-33.

23. Stefanyshyn, D.V. Building an hierarchical model for expert evaluation of the Ukrainian hydrosystem positive impact on the environment // D. V. Stefanyshyn, **D. E. Benatov** // The international youth science environmental forum [Ecobaltica 2012] (St.-Petersburg, November 29-30, 2012). – St.-Petersburg, 2012. – P. 191.

24. **Бенатов Д. Е.** Роль гідровузлів України у формуванні рекреаційних зон / **Д. Е. Бенатов**, Д. В. Стефанишин // XVI Міжнародна науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених [Екологія. Людина. Суспільство] (м. Київ, 17-19 травня 2013 р.): тези доповідей. – К., 2013. – С. 25-27.

25. Stefanyshyn, D. V. Geoinformation technology – a promising tool for solving reliability and safety problems of Ukrainian waterworks facilities / D. V. Stefanyshyn, A. N. Trofymchuk, V. M. Korbutyak, **D. E. Benatov** // The international youth science environmental forum [Ecobaltica 2013] (St.-Petersburg, December 06-07, 2013). – St.-Petersburg, 2013. – P. 66-68.

26. **Бенатов Д. Е.** Ранжування найбільших гідровузлів України за їх енергетичним потенціалом / **Д. Е. Бенатов**, Д. В. Стефанишин // XVII Міжнародна науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених [Екологія. Людина. Суспільство] (м. Київ, 21-23 травня 2014 р.): тези доповідей. – К., 2014. – С. 71-73.

27. Стефанишин Д. В. Про соціально-екологічні виклики освоєння гідроенергетичного потенціалу малих і середніх рік / Д. В. Стефанишин, Д. Е. Бенатов, // XVIII Міжнародна науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених [Екологія. Людина. Суспільство] (м. Київ, 27-29 травня 2015 р.): тези доповідей. – К., 2015. – С. 188-189.

28. Benatov D. E. GIS as an effective control tool in the field of hydraulic power systems security of Ukraine // D. E. Benatov, V. V. Putrenko, D. V. Stefanyshyn // The international youth science environmental forum [Ecobaltica 2015] (St.-Petersburg, December 01-19, 2015). – St.-Petersburg, 2015. – P. 19-20.

29. Комп'ютерна програма «Геоінформаційна система «Гідровузли України»: свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір 64745 Україна / Бенатов Д. Е., Путренко В. В., Стефанишин Д. В., Розщупкін Г. В. – № 65227; заявл. 09.02.16; реєстр. 01.04.16.

АНОТАЦІЯ

Бенатов Д. Е. Системний аналіз природно-техногенної безпеки гідровузлів України. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 21.06.01 – екологічна безпека. Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», К., 2016.

Дисертація присвячена системному аналізу природно-техногенної безпеки (ПТБ) гідровузлів (ГВ) України на прикладі 18 найбільших об'єктів галузі.

У роботі здійснено класифікацію факторів загроз ПТБ ГВ і заходів із запобігання їм, побудовано відповідну ієрархічну структуру. На основі експертних оцінок для кожного об'єкта здійснено ранжування вказаних факторів та заходів, розраховано значення інтегрального показника небезпеки (ІПН), а також перевірено відповідність основних споруд досліджуваних ГВ класам відповідальності за наслідками. На основі систематизованих даних державних і місцевих органів влади визначено значення показників позитивного впливу вказаних об'єктів в енергетичній, господарській і соціальній сфері та відповідний інтегральний показник позитивного впливу (ІППВ), здійснено спробу паспортизації досліджуваних 18 ГВ України, розроблено програмний продукт ГІС «Гідровузли України».

Ключові слова: природно-техногенна безпека, гідровузол, системний аналіз, геоінформаційна система, ієрархічна структура, метод аналізу ієрархій, сталий розвиток.

АННОТАЦИЯ

Бенатов Д. Е. Системный анализ природно-техногенной безопасности гидроузлов Украины. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 21.06.01 – экологическая безопасность. Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», К., 2016.

Диссертация посвящена системному анализу природно-техногенной безопасности (ПТБ) гидроузлов (ГУ) Украины на примере 18 крупнейших объектов отрасли. В работе обобщены и проанализированы: влияние гидротехнических сооружений на окружающую среду и их роль в хозяйственной деятельности человека; основные факторы, определяющие надежность и безопасность эксплуатации гидроузлов; характеристики надежности и безопасности гидротехнических сооружений. Приведен обзор известных методов оценки надежности и безопасности гидротехнических сооружений, выделены основные проблемы их практического применения. Рассмотрены особенности законодательного регулирования и экспертизы гидротехнических объектов. Особое внимание уделено анализу возможности использования методологии системного анализа для решения задач оценки природно-техногенной безопасности гидроузлов.

Осуществлена классификация факторов угроз ПТБ гидроузлов и мероприятий по их предотвращению, построена соответствующая иерархическая структура. С помощью математического аппарата метода анализа иерархий Т. Саати (МАИ) для каждого из выбранных ГУ на основании полученных экспертных оценок: выполнено ранжирование факторов угроз ПТБ по степени их влияния на ГУ; рассчитаны значения интегрального показателя опасности (ИПО); определены приоритетные меры по предотвращению указанных угроз. Проверено соответствие основных сооружений исследуемых гидроузлов классам ответственности по последствиям. Благодаря сравнению результатов экспертных оценок, данных в 2003 и 2013 гг., определены тенденции в области исследования, сформулированы соответствующие выводы и рекомендации.

Разработана методика комплексной оценки факторов положительного влияния гидроузлов на окружающую среду, энергетическую, хозяйственную и социальную сферы. На основе систематизированных данных, полученных от государственных и местных органов власти, с использованием методов математической теории обработки результатов наблюдений определены показатели положительного влияния 18 крупнейших гидроузлов Украины на энергетическую, хозяйственную и социальную сферу и соответствующий интегральный показатель положительного воздействия (ИППВ) для каждого исследованного ГУ.

Предложена методика построения ГИС «Гидроузлы Украины», предназначенной для следующих целей: использование при комплексной

оценке и анализе состояния природно-техногенной безопасности водохранилищ, их взаимодействия с прилегающими природными комплексами и административными единицами, влияния на них; реализация возможностей мониторинга и анализа геопространственной информации; содействие в принятии управленческих решений в контексте обеспечения устойчивого развития указанных природно-техногенных систем. Реализован программный продукт «Геоинформационная система «Гидроузлы Украины».

На основе систематизированных и расчетных данных осуществлена попытка паспортизации 18 крупнейших гидроузлов Украины.

Ключевые слова: природно-техногенная безопасность, гидроузел, системный анализ, геоинформационная система, иерархическая структура, метод анализа иерархий, устойчивое развитие.

SUMMARY

Benatov D. E. Environmental And Technical Safety Systematic Analysis for Ukrainian Hydropower Plants. – Manuscript.

The thesis for the degree of candidate of technical sciences, specialty 21.06.01 – ecological safety. National Technical University of Ukraine “Kyiv Polytechnic Institute”, K., 2016.

The thesis is devoted to systematic analysis of environmental and technical safety of Ukrainian hydropower plants in the context of 18 major facilities.

The work classifies ETS threats to hydropower plants and measures of prevention thereof, a corresponding hierarchical structure is proposed. Expert evaluations were used to: rank ETS threats for each research object, calculate integral index of danger (IID) and verify basic facilities of studied hydropower plants as of their compliance of their consequences importance classes.

Systematized data obtained from state and local authorities enabled determining value of plants' positive impact on the energy, economic and social spheres and corresponding integral impact indicator (III). The attempt to compile passports of 18 major Ukrainian hydropower plants and geographic information system "Hydropower plants of Ukraine" software are presented in the thesis.

Key words: environmental and technical safety, hydropower plant, system analysis, geographic information system, hierarchy structure, analytic hierarchy process, sustainable development.