

Геоінформаційна система «Гідровузли України», призначена для реалізації можливостей моніторингу, обробки та аналізу геопросторової інформації у сфері експлуатації гідротехнічних споруд та прилеглих до них територій. Запропонований інструмент може бути використаний як допоміжний інформаційний ресурс для прийняття управлінських рішень у контексті забезпечення сталого розвитку складних природно-техногенних комплексів, що сформувалися або формуються на базі гідровулів

Ключові слова: гідровузли України, геоінформаційні системи, природно-техногенна безпека, сталий розвиток, експлуатація гідровулів

Геоинформационная система «Гидроузлы Украины», предназначена для реализации возможностей мониторинга, обработки и анализа геопространственной информации в сфере эксплуатации гидротехнических сооружений и прилегающих к ним территорий. Предложенный инструмент может быть использован как вспомогательный информационный ресурс для принятия управленческих решений в контексте обеспечения устойчивого развития сложных природно-техногенных комплексов, сформировавшихся или формирующихся на базе гидроулов

Ключевые слова: гидроузлы Украины, геоинформационные системы, природно-техногенная безопасность, устойчивое развитие, эксплуатация гидроулов

УДК 681.58

DOI: 10.15587/1729-4061.2016.61135

ГЕОІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА «ГІДРОВУЗЛИ УКРАЇНИ» – ВАЖЛИВИЙ ЕЛЕМЕНТ ПІДТРИМКИ УПРАВЛІНСЬКИХ ПРОЦЕДУР

В. В. Путренко

Кандидат географічних наук,
старший науковий співробітник
Навчально-науковий комплекс
«Інститут прикладного системного аналізу»*

E-mail: putrenko@wdc.org.ua

Д. Е. Бенатов

Старший викладач
Кафедра екології та технології рослинних полімерів*

E-mail: kpi@benatov.kiev.ua

Д. В. Стефанишин

Доктор технічних наук, професор
Провідний науковий співробітник
Інститут телекомунікацій та глобального
інформаційного простору НАН України
бул. Чоколівський, 13, м. Київ, Україна, 03186
E-mail: d.v.stefanyshyn@gmail.com

*Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут»
пр. Перемоги, 37 м. Київ, Україна, 03056

1. Вступ

Гідровузли є одними з найбільш поширених об'єктів у кластері складних, потенційно-небезпечних і водночас унікальних інженерних споруд, що залучені в різних галузях господарства та сферах життєдіяльності людини і значною мірою визначають рівень соціально-економічного розвитку країни розташування. До основних функцій цих природно-техногенних систем традиційно відносять виробництво електроенергії, водопостачання, іригацію, рекреацію, забезпечення річкового судноплавства, регулювання стоку річок та боротьбу з повеннями. Водночас їх належність до об'єктів критичної інфраструктури робить питання безпечної експлуатації гідровулів одним із найважливіших чинників національної безпеки держави. Останніми десятиліттями спостерігається нова хвиля масового будівництва гідровулів у країнах, що стрімко розвиваються, зокрема в Бразилії, В'єтнамі, Китаї, Туреччині [1]. Більшість із них стають фундаментом для прискореного соціально-економічного зростання цих країн.

На території України також побудовано та з різною інтенсивністю експлуатується значна кількість (за

даними [2] понад 1150) гідровулів різного призначення. При цьому повний об'єм водосховищ українських гідровулів сягає 55,3 км³, що перевищує середній річний стік усіх водних ресурсів країни (52,4 км³), який формується на території України в середні за водністю роки [2, 3].

Більшість гідровулів є об'єктами комплексного призначення і виконують важливі господарські функції. Водночас згідно з п. 13 «Методики ідентифікації потенційно небезпечних об'єктів» [4] гідровузли належать до потенційно небезпечних об'єктів (ПНО), на яких можуть виникати аварії та надзвичайні ситуації (НС), із загрозами життя та здоров'ю людей, об'єктам господарства, стану довкілля. При цьому різна підпорядкованість гідровулів та окремих їх складових (гідроспоруд, мостових переходів, шлюзів, берегових інженерних конструкцій, судноплавної інфраструктури тощо), а також відсутність єдиної бази даних їх параметрів, по-перше, ускладнює проведення досліджень, що потребують застосування методів системного аналізу, по-друге, унеможливають використання систематизованої та постійно оновлюваної інформації для оператив-

ного прийняття відповідних управлінських рішень у цій сфері [5, 6].

Актуальність запропонованої теми дослідження полягає в тому, що використання сучасних геоінформаційних технологій у сфері аналізу та забезпечення природно-техногенної безпеки гідровузлів на основі побудови бази відповідних геоданих підвищить ефективність систем підтримки прийняття рішень при управлінні складними природно-технічними та соціально-економіко-екологічними системами, які вже сформовані або формуються на базі гідровузлів.

2. Аналіз літературних даних і постановка проблеми

У літературних джерелах тематика використання ГІС у дослідженнях, що стосуються функціонування гідровузлів, розкрита досить обмежено, а в науковому аналізі наявна лише фрагментарно. Зокрема в низці робіт досліджуються підходи до проектування окремих гідроспоруд із застосуванням ГІС для відображення рельєфу та геологічної будови територій, проте в роботах розглядається лише зв'язок між річковими басейнами та характером рельєфу водозбірних басейнів, що значно обмежує можливості ГІС. Так у роботі [7] досліджено оптимізацію рельєфу водозбірної поверхні, на прикладі басейнів індійських рік, у роботі [8] проводилося моделювання розподілу річкового стоку, а у роботі [9] здійснювався технічний аналіз параметрів водосховища. У роботах [10, 11] основна увага приділялась гідрологічним дослідженням, а саме аналізу змін гідрологічного режиму рік під час будівництва водосховищ. Використання ГІС для моделювання можливого неконтрольованого затоплення територій внаслідок будівництва гідровузлів з метою попередження можливих техногенних аварій відображено у роботах [12, 13]. Низку робіт присвячено проблемам передавання даних у системах підтримки управлінських рішень щодо оптимізації роботи гідровузлів із застосуванням геоінформаційних технологій. Зокрема, питання організації мережі моніторингу та центрів обробки даних для завдань інженерного керування гідровузлами розглянуто у роботах [14, 15], а удосконалення підходів до менеджменту на рівні річкових водосховищ у роботі [16]. Проте практично не досліджено використання ГІС на системному рівні у завданнях аналізу безпеки та управління безпекою функціонування гідровузлів, в тому числі з точки зору сталого розвитку територій, на які вони впливають.

3. Мета і завдання дослідження

Метою даного дослідження є розробка геоінформаційної системи «Гідровузли України». Для досягнення поставленої мети сформульовано наступні завдання:

- формулювання вимог до завдань, що повинна вирішувати ГІС;
- розробка концептуальної структури системи;
- запровадження архітектури системи;
- реалізація функціоналу системи на основі веб-технологій та хмарних сервісів геопросторових даних.

Побудова ГІС «Гідровузли України», першим етапом створення якої є створення ГІС-досьє 18 най-

більших гідровузлів України, повинна забезпечити реалізацію можливостей моніторингу та аналізу геопросторової інформації для оперативного прийняття управлінських рішень у сфері експлуатації гідротехнічних споруд і прилеглої до них території у контексті забезпечення сталого розвитку складних природно-техногенних комплексів, що сформувалися або формуються на базі гідровузлів.

Основними завданнями запропонованої ГІС «Гідровузли України» є:

- моніторинговий збір і систематизація геопросторової інформації, що оцінює параметри, фактори та умови експлуатації гідровузла як системи;
- 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 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 напрямкам і сферам природокористування, рекреації, охорони навколишнього середовища тощо, пов'язаних із 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).

4. Структура ГІС «Гідровузли України»

Підтримка прийняття управлінських рішень на національному рівні потребує отримання порівняльних даних для різних гідровузлів України, тому необхідно передусім виділити кілька інформаційних рівнів, що використовуватимуться для побудови ГІС.

Національний рівень дозволяє провести порівняльний аналіз параметрів основних напрямів господарської діяльності, що пов'язані з гідровузлами, та визначити перспективи їх використання.

Регіональний рівень дозволяє визначити значення гідровузла у регіоні та перспективи його використання та впливу на регіональний розвиток.

Місцевий (локальний) рівень віддзеркалює реально наявні зв'язки між водосховищем гідровузла та прилеглими територіями з урахуванням усіх компонентів господарювання та вимірів сталого розвитку. На цьому рівні, зокрема, фіксуються особливості комплексного

використання потенціалу гідровузла в інтересах конкретних громад населених пунктів, тісно пов'язаних з його функціонуванням. При цьому для великих водосховищ локальний рівень може охоплювати тільки частину акваторії, наприклад ту, що наближена до певного населеного пункту.

Різноманіття територіальних рівнів управління гідровузлами потребує використання шарів геопросторових даних різної тематики.

Для *національного рівня* базовими є основні річкові басейни та межі регіонів України та її державного кордону.

На *регіональному рівні* найбільш важливими є відомості про річкову мережу та розподіл гідровузлів по відповідній території.

На *місцевому (локальному) рівні* найбільше значення мають населені пункти, межі природних та адміністративних районів. Для локального рівня важливими є окремі гідроспоруди, а також підприємства та квартали населених пунктів, що розташовані в безпосередній близькості до гідроспоруд і водосховища.

На деталізацію даних та масштабний рівень значно впливає розмір водосховища. Наприклад, для таких водосховищ, як Канівське або Каховське, базовим рівнем є регіональний, бо вони займають площу у межах кількох областей України. Невеликі водосховища можуть відповідати місцевому і навіть локальному рівню відображення та аналізу даних.

Запропонована загальна структура ГІС гідровузлів України (рис. 1) складається із трьох взаємопов'язаних модулів – модуля геоданих, аналітичного модуля та модуля атрибутивних даних.

До джерел просторової інформації, що містяться у *модулі геоданих*, належать: обласні електронні карти, топографічні карти, тематичні карти та атласи, кадастрові карти, аерознімки, дані дистанційного зондування Землі (дані ДЗЗ), наявні просторові бази регіональних ГІС, які функціонують, та картографічні матеріали з мережі Інтернет. Модуль геоданих містить як просторову інформацію, яка поділяється на базові геодані, так і елементи тематичних шарів даних.

До базових геоданих належать шари, що допомагають при картографічному аналізі території. Набір базових геоданих об'єднує такі тематичні шари: державні кордони України, кордони областей, гідрографічну мережу територій, основні лісові масиви, території з природоохоронним статусом, мережу транспортного сполучення: автомобільний, залізничний, трубопровідний транспорт, межі адміністративних одиниць, населені пункти. Тематичні геодані містять інформацію про основні споруди гідровузла, водосховище та інші інфраструктурні, господарські та соціальні об'єкти, що пов'язані з ним, а також про зони можливого затоплення і підтоплення тощо.



Рис. 1. Схема організації структури ГІС «Гідровузли України»

Джерелами інформації для модуля атрибутивних даних є:

- дані органів статистики, результати роботи центральних і регіональних підрозділів, що опікуються питаннями надзвичайних ситуацій, охорони довкілля, транспортної інфраструктури, водного господарства, енергетики, культурної спадщини, туризму, охорони здоров'я тощо;
- документи екологічних організацій, нормативні акти, результати польових досліджень та обстежень стану гідроспоруд тощо;
- дані, що стосуються засад природно-техногенної безпеки гідровузлів, одержані за допомогою математичного моделювання, прогнозування тощо;
- моніторингова інформація, що базується на основі ДЗЗ, наземних сенсорів та датчиків для збору даних.

Модуль атрибутивних даних у представлений ГІС гідровузлів України структурується в таких блоках.

База даних (БД) «Характеристики гідровузлів» містить інформацію про геологію, гідрологію, гідрографічні показники водосховища та його цільове призначення; основні технічні та експлуатаційні характеристики гідроспоруд (приклад графічного звіту вказаної БД, сформованого ГІС «Гідровузли України» показано на рис. 2).

БД «Господарська діяльність» містить інформацію, пов'язану з господарською діяльністю в акваторії водосховища та на прилеглий до нього території в межах комплексного використання водних ресурсів (гідроенергетика, теплова або атомна енергетика, рибництво, водний транспорт, іригація, промислове та комунальне водопостачання, рекреація тощо).

БД «Екологічний стан» містить інформацію, пов'язану зі станом екосистем акваторії водосховища та прилеглих територій (моніторингові дані щодо санітарно-гігієнічних показників якості води, трофічного стану водойм, прибережної ерозії ґрунтів, видового розмаїття, змін клімату тощо).

БД «Соціальна сфера» містить інформацію про кількість робочих місць в інфраструктурі гідровузлів; пам'ятки архітектури, природи та історії, що розташовані на узбережжі водосховища; об'єкти туристичної та рекреаційної інфраструктури; демографічні показники (міграція, працевлаштування) тощо.

БД «Природно-техногенна безпека гідровузлів» містить інформацію про технічний стан гідроспоруд, зони паводкового та катастрофічного затоплення або підтоплення, схильність гідровузлів до впливу на них факторів загроз різного характеру, кількість населених пунктів та осіб, що потрапляють в зону катастрофічного затоплення або підтоплення, а також відсоток руйнування споруд та загибелі населення тощо.

БД «Заходи із запобігання факторам загроз природно-техногенній безпеці гідровузлів України» містить інформацію про пріоритетні заходи, що спрямовані на подолання або попередження впливу факторів загроз ПТБ гідровузлів і зниження ризиків виникнення надзвичайних ситуацій (приклад графічного звіту вказаної БД, сформованого ГІС «Гідровузли України» показаний на рис. 3).

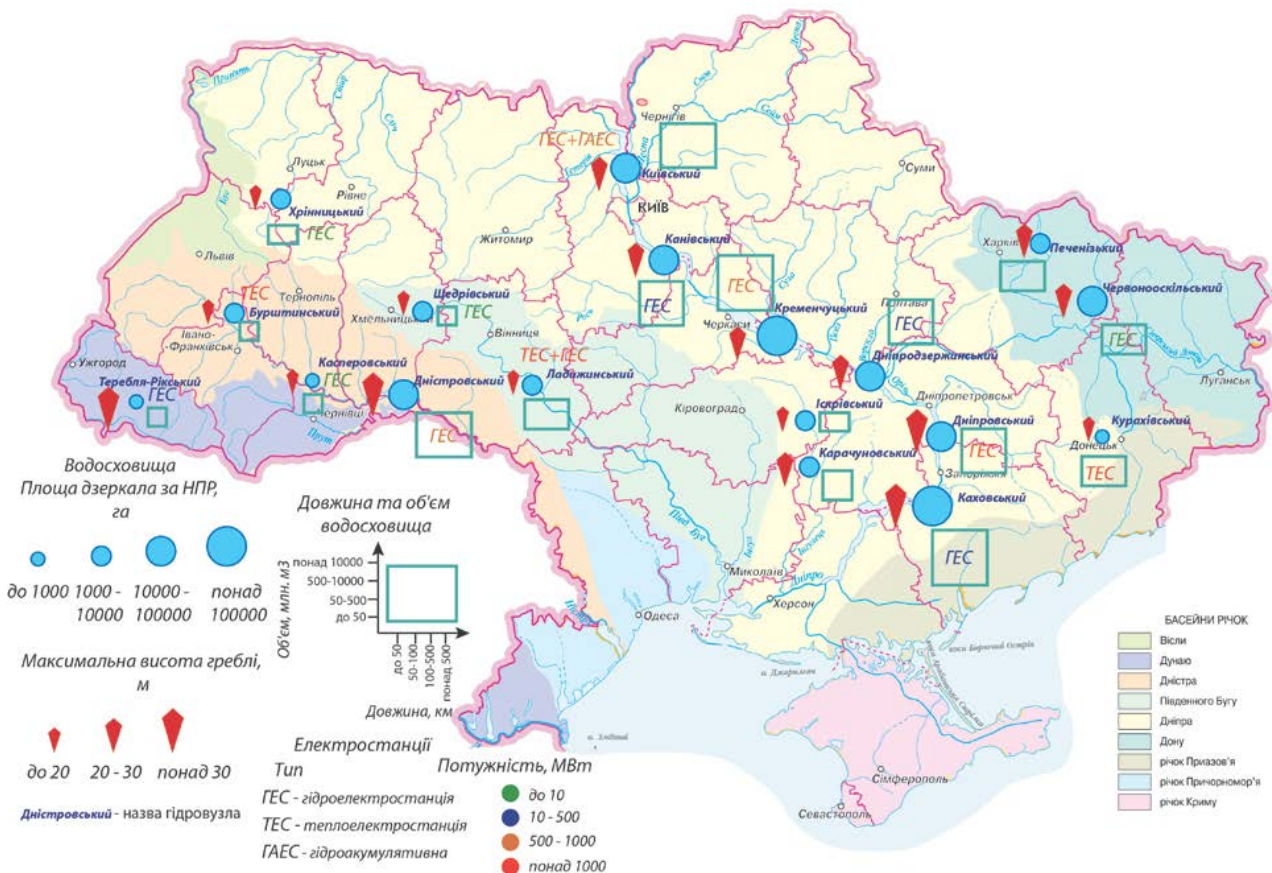


Рис. 2. Графічний звіт БД «Характеристики гідровузлів» сформований ГІС «Гідровузли України»

Інформація, яка представляється у модулі атрибутивних даних, крім даних кадастрів, реєстрів і спостережень, також може об'єднувати оброблені за відповідними методиками експертні оцінки та визначені на їх основі індекси, наприклад, інтегральний показник небезпеки [5] та інтегральний показник користі [6].

Слід зазначити, що водосховища гідровузлів характеризуються певною динамікою та значно залежать від загального стану довкілля, що необхідно враховувати при управлінні безпекою гідровузлів.

При цьому такі характеристики водосховища, як зміна рівня та площі дзеркала, якість води та розвиток біоти, можуть прямо впливати на можливості використання водосховища для господарських і рекреаційних потреб. Оперативний збір відповідної геопросторової інформації про водосховища може бути організований на основі кліматичних супутників типу MODIS і ресурсних супутників Landsat 8, ASTER, SPOT-6 та 7, Sentinel 1 та 2, що дозволяють з певною періодичністю забезпечувати оцінку стану водосховищ, особливо тих, що мають значну площу водного дзеркала.

Водосховища меншого розміру, а також окремі гідроспоруди гідровузлів можуть бути досліджені за допомогою космічних знімків з високою роздільною здатністю, наприклад: IKONOS, GeoEye 1, WorldView 3 та ін.

Натепер в Україні накопичено певний досвід використання даних ДЗЗ для цілей агромоніторингу, що може бути застосованим і для гідровузлів. Також із сучасних методів ДЗЗ можуть бути ефективно використані дані лідарної зйомки, що дозволяють отримувати високоточні моделі рельєфу територій, зокрема і дна водосховища.

Дані ДЗЗ можуть бути ефективно використані у складі ГІС для створення базової картографічної основи, моніторингу динаміки водосховища та змін на прилеглих територіях, що впливають на водосховище, та зворотних процесів.

Аналітичний модуль виконує функцію обробки інформації, що міститься у модулі геоданих та модулі атрибутивних даних з метою отримання географічно прив'язаної систематизованої інформації, оперативного картографування гідровузлів і використання згаданих даних у веб-сервісах та з метою паспортизації. Модуль містить три основні блоки.

Блок *тематичного картографування* – за допомогою використання основних способів картографічного зображення візуалізує інформацію, що міститься у модулі геоданих і модулі атрибутивних даних.

Блок *ГІС-аналізу* складається з основних процедур геоінформаційного аналізу просторової та атрибутивної інформації. Здійснює аналіз місцезонавання, взаєморозташування, буферизації, накладання шарів, SQL-запитів, створення представлень з таблиць та ін.

Блок *аналізу ефективності гідровузла* містить стандартизовані алгоритми обробки даних з метою оцінки ефективності використання водних ресурсів і потенціалу водосховища, окремих гідроспоруд тощо.

Отримані результати представляються у вигляді підсумкових карт, графіків та звітів, що дозволяють відслідковувати динаміку відповідних показників у територіальному розрізі та контролювати ефективність впровадження різних управлінських програм тощо.

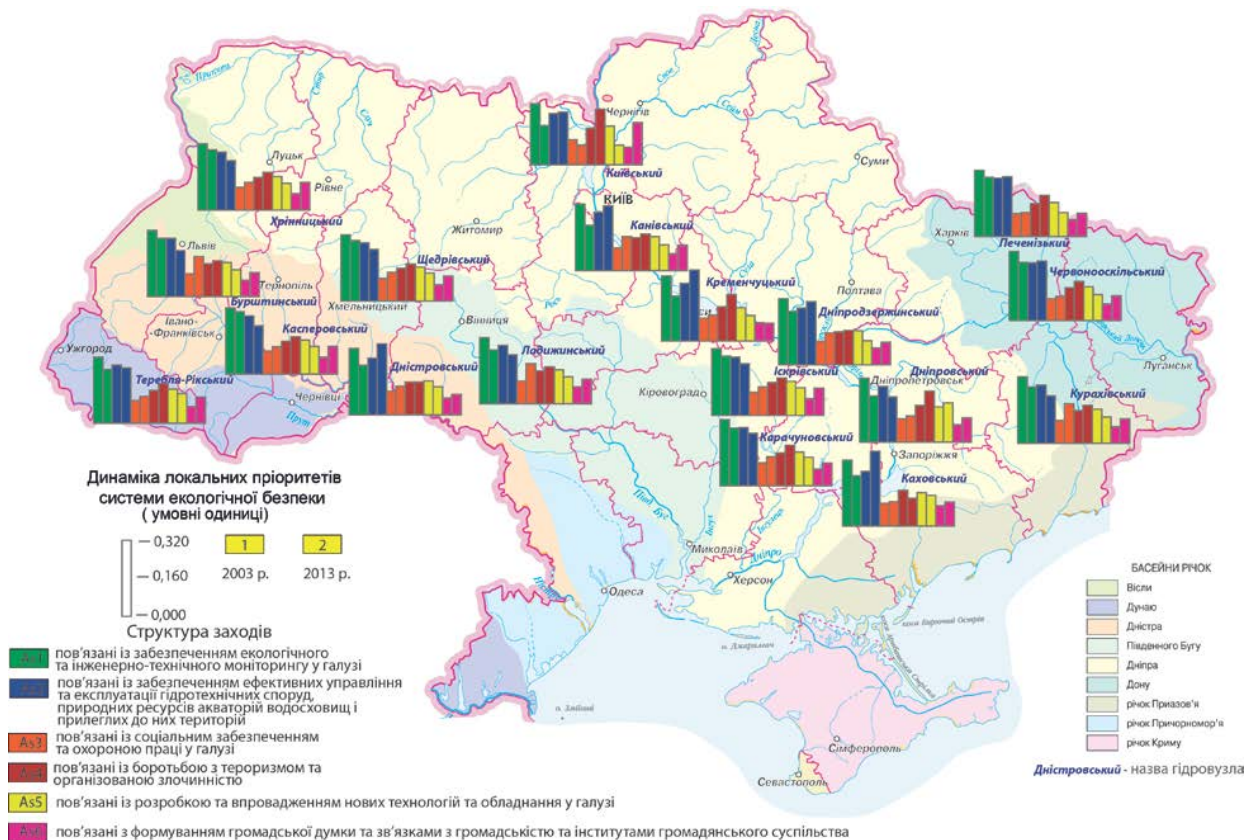


Рис. 3. Графічний звіт БД «Заходи із запобігання факторам загроз природно-техногенній безпеці гідровузлів України» сформований ГІС «Гідровузли України»

5. Функціональні можливості та сфера практичного застосування ГІС «Гідровузли України»

Запропонована ГІС дозволяє створювати:

– *аналітичні та комплексні карти*, що характеризують обсяг та ефективність використання окремих видів ресурсів;

– *синтетичні карти*, на яких представлено поділ прилеглих до гідровузла територій за різними видами потенціалів природокористування та їх типізацію за показниками господарської ефективності;

– *прогнозні та рекомендаційні карти*, що дозволяють: прогнозувати зміну в обсягах, структурі та ефективності використання гідровузла; планувати та корегувати регіональні та національні програми ресурсозбереження тощо;

– *оперативні карти*, що дозволяють швидко отримувати різного роду аналітичну багатоваріантну інформацію для вирішення управлінських завдань різного спрямування;

– *карти динаміки*, що дозволяють відслідковувати зміну процесів у динаміці для візуалізації даних, одержаних шляхом здійснення періодичного моніторингу гідровузлів.

Створення веб-сервісів і паспортизація гідровузлів є перспективним напрямом публікації даних в Інтернет для залучення широкої громадськості та фахівців до процесу оцінки та аналізу ефективності природокористування при експлуатації цих природно-техногенних об'єктів.

Програмний продукт ГІС «Гідровузли України» було розроблено відповідно до запропонованої структури геоінформаційної системи із використанням баз геопросторових та непросторових даних, що містять показники функціонування 18 найбільших гідровузлів України. В якості програмного забезпечення було використано базове геоінформаційне забезпечення ArcGIS та базу даних PostgreSQL. На мові програмування Python було розроблено додаткові модулі, що відповідають за автоматизацію роботи та алгоритми аналізу даних.

У подальшому планується продовжити наповнення баз даних запропонованої ГІС інформацією про інші гідровузли України. У прикладі реалізації можливостей запропонованої ГІС «Гідровузли України», як зразок результатів обробки даних було створено ГІС-досьє для 18 найбільших гідровузлів України на основі розробленого веб-додатку, що поєднує паспортизацію параметрів гідровузлів з тематичними геопросторовими даними, космічними, топографічними, фото та відеоматеріалами. Веб-додаток реалізовано на основі технологій ArcGIS API for JavaScript 4.0 компанії ESRI, що передбачає можливість налаштування веб-сцен з Portal for ArcGIS або ArcGIS Online. Поєднання та управління даними з різних джерел надає можливості для нового інтелектуального аналізу інформації про гідровузли, коли управління цими об'єктами відбувається на основі інтеграції різномасштабних геопросторових і статистичних даних, що описують функціонування об'єктів та їх зв'язки з навколишнім середовищем.

З точки зору організації даних ГІС-досьє включає перелік гідровузлів, який є основою для переходу до відповідного тематичного контенту, тематичні шари даних з полігональним шаром водосховищ, лінійним шаром гідроспоруд, що формують напірні фронти, та точковим шаром центроїдів водосховищ. Кожний шар даних відображається на відповідному масштабованому рівні. Базовою основою для даних служить покриття космічними знімками території України. Кожний вузол містить перелік статистичних характеристик, що описують його параметри та діяльність (рис. 4, 5). ГІС-досьє може розширюватися за результатами щорічного або щоквартального обстеження гідровузлів і навколишнього середовища.

ГІС «Гідровузли України» розроблена на базі аналітичних та розрахункових даних, отриманих в процесі роботи над системним аналізом проблем природно-техногенної безпеки 18 найбільших гідровузлів України [5, 6].

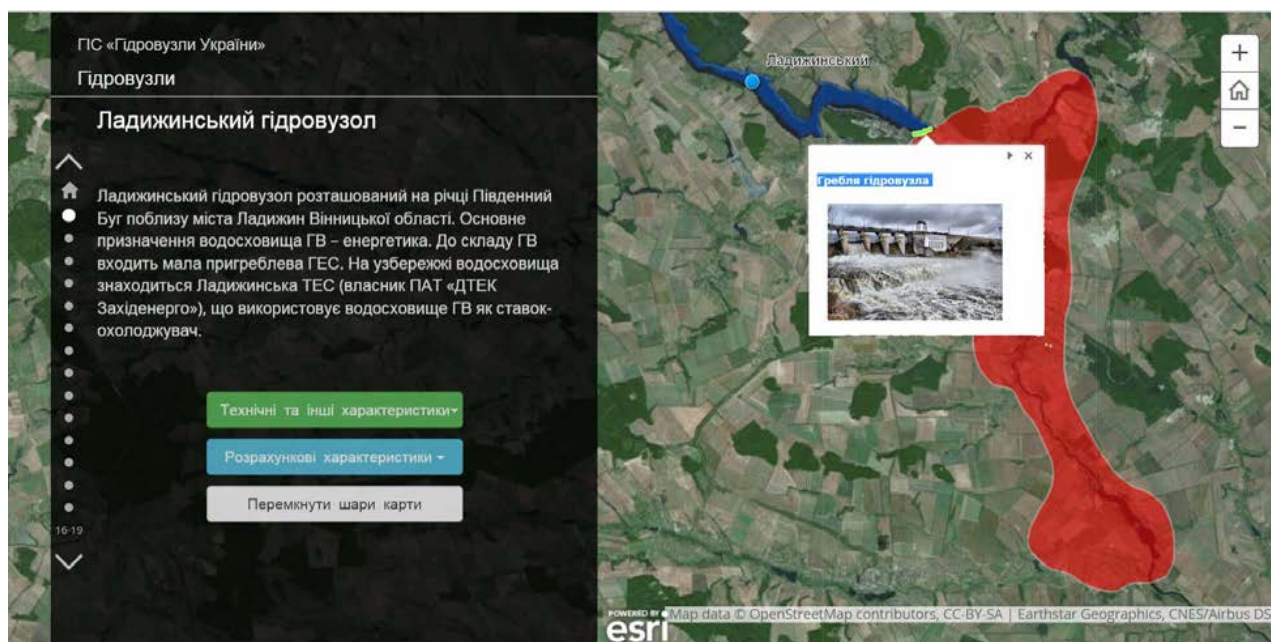


Рис. 4. Знімок робочого екрану ГІС «Гідровузли України»

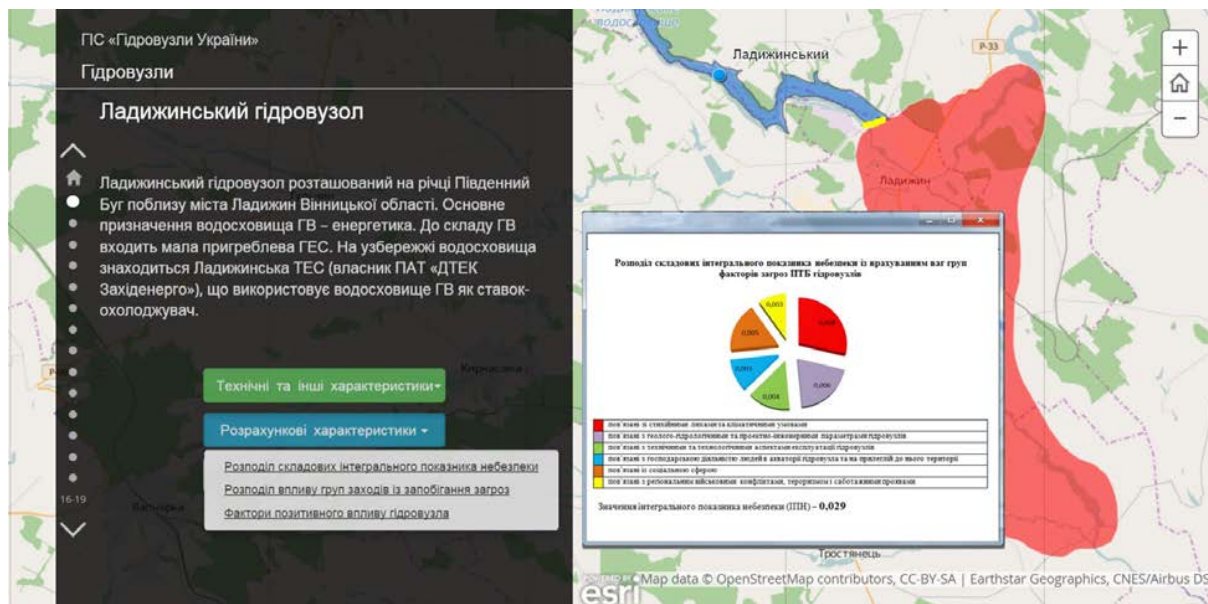


Рис. 5. Знімок робочого екрану ГІС «Гідровузли України»

Зібрана інформація з прив'язкою до геопросторових даних була систематизована в ГІС і може бути використана для паспортизації вказаних об'єктів в т.ч. з метою створення загальнодержавного кадастру гідровузлів. При цьому запропоновані інструментарій ГІС у поєднанні зі системно-аналітичними процедурами дозволяє контролювати та корегувати місцеві, регіональні та загальнодержавні програми розвитку територій, відслідковувати нові тенденції за максимальної економії управлінських ресурсів. У подальшому планується продовжити роботу над поступовим наповненням баз даних розробленої ГІС для інших гідровузлів України та робота над on-line версією ресурсу. Система може легко масштабуватися для відповідного рівня територіального управління. У системі реалізовано комплексний системний підхід до опису та аналізу проблематики гідровузлів. Це передбачає врахування внутрішніх і зовнішніх факторів, що впливають на функціонування гідровузлів та ефективність їх використання. Усі блоки ГІС пов'язані між собою прямими та зворотними зв'язками, що надає можливість для корегування прийнятих за допомогою системи рішень. Система корисна в міжвідомчій координації роботи між місцевими органами влади, управлінням гідротехнічних споруд та органів охорони довкілля. Також ГІС може використовуватися організаціями для задач планування та створення стратегій розвитку території.

6. Висновки

Створено прикладний програмний продукт ГІС «Гідровузли України» призначений для формування відповідних досьє гідровузлів України. При цьому:

1. Запропонована структура ГІС включає бази геопросторових і непросторових даних, що поєднуються

та візуалізуються на основі єдиного геоінформаційного простору, який ґрунтується на спільному використанні картографічних й аерокосмічних даних, створених в єдиній системі координат. ГІС містить три взаємопов'язані модулі: модуль геоданих, аналітичний модуль та модуль атрибутивних даних. ГІС реалізовано на основі хмарних технологій з використанням веб-інтерфейсу, спроектованого на основі технологій HTML5, та JavaScripts. В якості базових картографічних даних використовуються покриття космічними знімками LANDSAT 8 та SPOT-6.

2. Представлена геоінформаційна система дозволяє накопичувати, поєднувати, обробляти та візуалізувати масиви даних, необхідних для інвентаризації, систематизації, аналізу та моніторингу стану функціонування (експлуатації) гідровузлів, оцінювання параметрів, факторів та умов експлуатації кожного гідровузла як складної природно-техногенної системи.

3. Розроблений програмний продукт, що реалізує запропоновану ГІС, дозволяє здійснювати геоінформаційне моделювання основних інфраструктурних об'єктів, споруд тощо; формувати просторові та атрибутивні запити. ГІС «Гідровузли України» може бути інтегрованою з різними прикладними сервісами та додатками призначеними для надання інформації широким колам громадськості для наукових, освітніх та інших потреб.

4. Запропонована ГІС дозволяє здійснювати оцінку ефективності та потенційних загроз функціонування гідровузлів і може бути використана як елементу контролю за безпекою гідроспоруд для прийняття управлінських рішень під час створення, відпрацювання та контролю за виконанням регіональних і загальнодержавних програм раціонального використання природних ресурсів, а також засобом для тематичного картографування.

Література

1. Hoeg, K. New dam safety legislation and the use of risk analysis [Text] / K. Hoeg // International Journal on Hydropower and Dams. – 1998. – Vol. 5. – P. 85–88.

2. Яцик, А. В. Екологічна безпека в Україні [Текст] / А. В. Яцик. – К.: Генеза, 2001. – 216 с.
3. Гребінь, В. В. Водний фонд України: штучні водойми – водосховища і ставки [Текст]: довідник / В. В. Гребінь, В. К. Хільчевський, В. А. Старук. – К.: Інтер-Прес ЛТД, 2014. – 164 с.
4. Про затвердження Методики ідентифікації потенційно небезпечних об'єктів [Електронний ресурс]: Наказ Міністерства України з питань надзвичайних ситуацій та у справах захисту населення від наслідків Чорнобильської катастрофи від 23.02.2006 № 98. – Режим доступу: <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/z0286-06>
5. Бенатов, Д. Е. Системний аналіз чинників природно-техногенної безпеки найбільших гідровузлів України [Текст] / Д. Е. Бенатов // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2015. – Т. 5, № 10 (77). – С. 12–21. doi: 10.15587/1729-4061.2015.49270
6. Бенатов, Д. Е. Оцінка факторів позитивного впливу гідровузлів України на навколишнє середовище, промислову, сільськогосподарську та соціальну сфери [Текст] / Д. Е. Бенатов // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2014. – Т. 3, № 8 (69). – С. 18–26. doi: 10.15587/1729-4061.2014.25171
7. Liang, C. A general model of watershed extraction and representation using globally optimal flow paths and up-slope contributing areas [Text] / C. Liang, D. S. McKay // International Journal of Geographical Information Science. – 2000. – Vol. 14, Issue 4. – P. 337–358. doi: 10.1080/13658810050024278
8. Khan, A. R. An analysis of the surface water resources and water delivery systems in the Indus Basin [Text]: Report R-93 / A. R. Khan. – Lahore, Pakistan: International Water Management Institute (IWMI), Pakistan National Program, 1999. – 66 p. doi: 10.3910/2009.530
9. Wang, Y. Analysis of the water volume, length, total area and inundated area of the Three Gorges Reservoir, China using the SRTM DEM data [Text] / Y. Wang, M. Liao, G. Sun, J. Gong // International Journal of Remote Sensing. – 2005. – Vol. 26, Issue 18. – P. 4001–4012. doi: 10.1080/01431160500176788
10. Ceylan, A. An Analysis of Bathymetric Changes in Sille Dam Reservoir Between 1984 and 2008 [Text] / A. Ceylan, O. S. Kirtiloglu, F. Sari, I. Ekizoglu // 10th International Multidisciplinary Scientific GeoConference – SGEM2010, June 20–26, 2010, Bulgaria. – 2010. – Vol. 2. – P. 387–394.
11. Baban, S. M. J. Modelling Optimum Site for Locating Reservoirs in Tropical Environments [Text] / S. M. J. Baban, K. Wan-Yusof // Water Resources Management. – 2003. – Vol. 17, Issue 1. – P. 1–17. doi:10.1023/A:1023066705226
12. Schumann, A. H. Hydrological design of flood reservoirs by utilization of GIS and remote sensing [Text]: Proceedings of Rabat Symposium S3, April 1997 / A. H. Schumann, J. Geyer // Remote Sensing and Geographic Information Systems for Design and Operation of Water Resources Systems. – 1997. – Vol. 242. – P. 173–180.
13. Correia, F. N. Coupling GIS with Hydrologic and Hydraulic Flood Modeling [Text] / F. N. Correia, F. C. Rego, M. Da G. Saraiva, I. Ramos // Water Resources Management. – 1998. – Vol. 12, Issue 3. – P. 229–249.
14. Бобылев, А. В. К вопросу о межмуниципальном взаимодействии и территориальном устройстве при создании ГИС водных объектов [Текст] / А. В. Бобылев, Н. С. Рассказова // Интерэкспо Гео–Сибирь. – 2008. – Т. 1, № 2. – С. 23–54.
15. Мацкевич, И. К. Гидрологическая ГИС водохранилищ (на примере Камского каскада) [Текст]: аннотация, отчеты / И. К. Мацкевич, В. Г. Калинин, С. В. Пьянков // Научно–практические итоги региональных конкурсов РФФИ–Урал в Пермском крае 2004–2006 гг. – Пермь: ПНЦ УрО РАН, 2007. – С. 289–292.
16. McKinney, D. C. Modeling Water Resources Management at the Basin Level: Review and Future Directions [Text] / D. C. McKinney, X. Cai, M. W. Rosegrant, C. Ringler, C. A. Scott // SWIM Paper 6. – Colombo, Srilanka: International Water Management Institute, 1999. – 60 p.