



УДК 627.132 : 502.63

СТЕФАНИШИН Д.В., докт. техн. наук, проф.

каф. гідроспоруд НУВГП, м. Рівне;

КОРБУТЯК В.М., канд. техн. наук, доц. кафедри землеустрою,
геодезії та геоінформатики НУВГП, м. Рівне;;**ТРОФИМЧУК О.М.**, член-кор. НАНУ, проф.

заступник директора з наукової роботи ІТГП НАНУ, м. Київ

**СТЕФАНИШИН Д.В.****КОРБУТЯК В.М.****ТРОФИМЧУК О.М.**

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В ЗАВДАННЯХ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ Й БЕЗПЕКИ ГІДРОЕНЕРГЕТИЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

(доповідь на VI Міжнародній конференції

"Світові тенденції та перспективи розвитку гідроенергетики України"

(14–15 березня 2013 р., Україна, м. Рівне)

Показано актуальність та розглянуто перспективні напрямки використання сучасних геоінформаційних технологій в завданнях забезпечення надійності й безпеки гідроенергетичних об'єктів (ГЕС і ГАЕС).

Наявні в країні гідроенергетичні потужності, які поєднують можливості високої маневреності та використання екологічно чистого відновлюваного енергоресурсу, не здатна замінити жодна з сучасних технологій електрогенерації.

В усіх країнах світу, які володіють економічно вигідним гідроенергетичним потенціалом, розвиток гідроенергетики розглядається як одна з найбільш важливих передумов соціально-економічного розвитку [1].

Однак аварії на гідроенергетичних об'єктах (ГЕО), надзвичайні ситуації (НС) та екологічні порушення, пов'язані з їх експлуатацією, можуть призводити до тяжких соціально-економічних та екологічних наслідків, в тому числі і катастрофічного характеру [2, 3]. Тому питанням забезпечення надійності і безпеки ГЕО в світі приділяється значна увага. Актуальними і пріоритетними вони є і для українських гідротехніків і гідроенергетиків.

Більшість питань, що пов'язані з забезпеченням надійності і безпеки ГЕО, розглядаються як задачі забезпечення надійності і безпеки напірних гідроспоруд — гребель та дамб. На міжнародному рівні значна робота в цьому напрямку ведеться Міжнародною комісією з великих гребель (ICOLD), членом якої з 2010 р. є і Україна [4]. Серед найбільш актуальних завдань, що в різні роки ставила перед собою ICOLD — підтримка зусиль міжнародної інженерної спільноти, направлених на створення ефективних систем контролю та моніторингу стану гідроспоруд та довкілля, сис-

тем попередження про аварійні ситуації на греблях. Про важливість таких систем для забезпечення надійності і безпеки гребель в Бюлетені 59 ICOLD ("Dam safety — Guidelines" [5]), перший проект якого вийшов ще в 1987 р., відзначалось, що "Більшість зруйнованих гребель не мали моніторингу та систем попередження, або ж мали ці системи, але вони були недосконалими".

На разі роботи з впровадження сучасних систем контролю стану гідроспоруд і моніторингу, різного роду прогностичних систем і систем попередження про аварії і НС на гідроспорудах, в тому числі і удосконалення систем контролю і моніторингу за рахунок комп'ютеризації і автоматизації ведуться в усіх країнах світу, де розвиваються гідротехнічне будівництво і гідроенергетика, експлуатуються об'єкти водного господарства та гідроенергетики [6]. Відповідні системи впроваджуються і на об'єктах гідроенергетики України [7, 8].

Основна увага при організації систем контролю і моніторингу надійності і безпеки на гідроенергетичних об'єктах традиційно приділяється контролю навантажень і впливів на гідроспоруди, конструкції, основи, устаткування та їх реакцій на ці навантаження і впливи. Однак, окрім власне гідроспоруд, аварії і НС, пов'язані з експлуатацією ГЕО, можуть відбуватися на водосховищах (акваторіях і прилеглих до водосховищ територіях) та в нижніх б'єфах. Внаслідок дії вітрових хвиль відбувається переформування берегової лінії водосховищ; при високих рівнях води активізуються розмиви берегів і процеси підтоплення. Різкі коливання рівнів води в б'єфах призводять до активізації небезпечних обвальозсувних процесів. При цьому надзвичайні ситуації, викли-



кані цими процесами, можуть поширюватися на значні території. В свою чергу і причини виникнення аварій і НС, що відбуваються безпосередньо на гідроспорудах, можуть бути пов'язані з процесами, що відбуваються поза зонами їх активного впливу, а саме на водозборах (Рис. 1).

Практика показує, що гідроспоруди різного типу й конструкції по-різному можуть себе поводити в екстремальних ситуаціях. Якщо, наприклад, надійність і безпека бетонних гідроспоруд, головним чином, обумовлюється структурною надійністю системи "споруда—основа", і для бетонних гідроспоруд важливо забезпечити контроль поведінки конструкцій та основ при статичних і динамічних навантаженнях, то для ґрунтових гідроспоруд важливо контролювати процеси фільтрації, зокрема внутрішню ерозію тіла споруд, основ, і в жодному разі не допускати переповнення верхніх б'єфів з загрозою переливу води через гребінь. Експлуатація водопропускних споруд також має свої специфічні особливості в аспекті надійності і безпеки, які, в значній мірі пов'язуються з людським фактором, станом механічного, електротехнічного й гідроенергетичного устаткування, надійністю засобів автоматизації виробничих процесів, а також з ефективним моніторингом стану водних об'єктів. Мова йде не лише про моніторинг рівнів і витрат води, а й про моніторинг надходження з території водозборів наносів і плаваючих тіл в верхні б'єфи: сміття, топляку, лісоматеріалів, що можуть блокувати отвори водопропускних споруд (Рис. 1); в нижніх б'єфах — контроль місцевих розмивів дна, підмивів берегів та загальних руслових переформувань.

З огляду на просторові масштаби водосховищ ГЕС і ГАЕС, масштаби інтенсифікації екзогенних геологічних процесів на берегах штучних водойм, зокрема абразії, ерозії, зсувів, значні просторові масштаби територій, що охоплюються процесами підтоплення внаслідок фільтрації з водосховищ, поширення трансформації русел рік в нижніх б'єфах гідровузлів на значні відстані внаслідок освітлення водного потоку з чергуванням ділянок розмивів та відкладення продуктів розмиву, значну цінність для розв'язання завдань просторового моніторингу впливів навколишнього середовища на гідроспоруди і впливів гідроспоруд на довкілля можуть мати методи дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) з космосу [10]. Важливими перевагами цих методів є забезпечення ви-

сокої ступені оглядовості значних територій, можливість регулярного відстеження стану земної поверхні, висока оперативність одержання інформації про відповідну територію та акваторію, про стан берегової лінії, і можливість інтеграції отриманих даних у географічні інформаційні (геоінформаційні) системи (ГІС). У свою чергу використання ГІС як інтегруючої основи для акумуляції, збереження та аналізу дистанційних і наземних даних про підтоплення земель, ерозійні процеси, зсуви, відомостей про господарське освоєння водозборів, стан лісового покриву, урбанізацію прирічкових територій, часто неконтрольовану, особливо в нижніх б'єфах гідровузлів, дозволить створити якісно новий інформаційний ресурс — геоінформаційний ресурс, що дозволить вирішувати більш широке коло завдань, що стосуються надійності і безпеки ГЕО.

Надійна і безпечна експлуатація ГЕО залежить від багатьох факторів. Слід зазначити, що більшість з цих факторів проявляється випадковим чином — і не тільки в часі, а і в просторі. Так, наприклад, серед природних факторів особливе значення для надійності і безпеки ГЕО має гідрологічний режим ріки, який залежить від геопросторових особливостей формування стоку — максимального та мінімального, просторового розподілу шарів атмосферних опадів, шарів снігового покриву, випаровування, транспірації, інфільтрації тощо на території водозбору. В зв'язку з інтенсифікацією змін, що відбуваються на територіях водозборів, зокрема внаслідок господарчої діяльності, традиційні системи гідрологічного моніторингу не завжди дозволяють виявити ту чи



Рис. 1. Надзвичайна ситуація на арковій греблі Палагнедра на р. Мелецца (Швейцарія, 8 серпня 1978 р.). Відбулося катастрофічне блокування лісоматеріалом водозливів греблі, яке призвело до переливу води через гребінь споруди, висотою 72 м [6]



іншу гідрологічну проблему ще в її зародженні й забезпечити таким чином достатні резерви часу на виправлення ситуації. Гідрологічні характеристики водних об'єктів у розрахункових створах зазвичай є результатами узагальнення дії природних та техногенних процесів на значних водозбірних площах, тому корегування стокоутворюючих характеристик водозборів має здійснюватися на основі актуальних геопросторових даних. Оперативно такі дані не можуть в повному об'ємі забезпечуватись на основі контактних моніторингових спостережень в ході польових досліджень. Завдяки геоінформаційним технологіям та засобам ДЗЗ можлива оперативна актуалізація необхідних геопросторових даних в рамках ГІС, швидке оновлення картографічної інформації, необхідної для ефективного корегування гідрографічних та гідрологічних характеристик водозборів та б'єфів.

Характерною рисою сучасних ГІС є наявність у їх складі специфічних методів аналізу просторових даних, що в сукупності із засобами введення, збереження, маніпулювання і представлення просторово-координованої інформації і складають основу цієї технології [10, 11]. Вибудовану для розв'язання конкретних завдань ГІС можна розглядати як цілісну систему технологічних засобів, програмного забезпечення і процедур, призначену для збору просторових даних, їхнього аналізу, моделювання і відображення (візуалізації). Сучасні ГІС здатні використовувати різноманітні географічні та атрибутивні дані і мають у своєму розпорядженні потужні операційні можливості, необхідні для просторового аналізу різних просторових даних, що можуть стосуватися завдань забезпечення надійності й безпеки ГЕО.

Серед першочергових завдань забезпечення надійності й безпеки ГЕО, які можуть вирішуватися з використанням геоінформаційних технологій, слід виділити наступні:

- ідентифікацію ГЕО, аварій та НС на яких загрожують життєдіяльності населення, народному господарству, стану природного середовища тощо;

- розробку типових та нетипових сценаріїв гіпотетичних аварій та НС на ГЕО з врахуванням особливостей їх територіального розміщення, складу гідроспоруд, особливостей конструкцій гідроспоруд тощо з візуалізацією за допомогою ГІС джерел поширення аварійних впливів в нижніх та верхніх б'єфах;

- моделювання різних сценаріїв розвитку гідродинамічних аварій з візуалізацією поширення хвиль прориву в нижніх б'єфах, хвиль витіснення у водосховищах, картографування зон ймо-

вірних затоплень при гідродинамічних аваріях, прогнозування їх наслідків;

- оцінку впливу на навколишнє середовище (ОВНС), розробку, корегування та експертизу планів і програм з забезпечення надійності і безпеки ГЕО з візуалізацією логістики ремонтів, реконструкції гідроспоруд та модернізації устаткування, дій органів влади щодо евакуації населення на випадок аварій та НС на гідровузлах;

- створення єдиної національної системи обліку та реєстрації ГЕО, аварій та НС на яких можуть загрозувати життєдіяльності населення, народному господарству, стану природного середовища тощо.

Як показує практика, аварії та НС на гідроспорудах носять складний системний характер, можуть відбуватися за різними сценаріями, визначатися різними природними і техногенними факторами, взаємодією різних гідроспоруд, природних та техногенних об'єктів, мають територіальний прояв, тому їх прогнозування з метою прийняття ефективних рішень щодо забезпечення надійності і безпеки ГЕО потребують організації належного контролю не лише за станом гідроспоруд, а й постійного моніторингу різноманітних природно-кліматичних, інженерно-геологічних, сейсмологічних, техногенних та антропогенних факторів, що проявляються на значних територіях, з географічною прив'язкою великих об'ємів просторових та атрибутивних даних. Геоінформаційні технології завдяки можливостям синтезу картографічних моделей та баз відповідних атрибутивних даних, органічного поєднання можливостей баз даних і баз знань, даних ДЗЗ з відповідними аналітичними процедурами обробки проектних даних, результатів розрахунків стійкості і міцності гідроспоруд, контрольних спостережень за станом гідроспоруд та моніторингу довкілля забезпечуватимуть доступність до більш широкого спектру даних (гідрологічних, інженерно-геологічних, сейсмологічних, топографічних тощо), необхідних для прогнозування аварій та НС на ГЕО, дозволить знизити рівень невизначеності інформації, забезпечуватиме вибір адекватних розрахункових схем і моделей гідроспоруд з їх оперативним корегуванням в умовах динамічних змін, що відбуваються на гідровузлах та на прилеглих до них територіях, в просторово-часовому аспекті.

В Україні значний досвід використання геоінформаційних технологій при вирішенні різних прикладних задач має Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України (ІТГІП НАНУ). Зокрема в ІТГІП НАНУ були розроблені і видані масовим



тиражем ряд карт екологічного і природоохоронного спрямування. Ці карти знайшли широке використання в органах державної влади, закладах освіти, в науково-дослідних інституціях, громадських організаціях. Інститут є членом Міжнародного консорціуму зі зсувів, в рамках діяльності якого здійснює проекти досліджень небезпеки зсувів в різних регіонах України з використанням ГІС. Протягом 2010–2012 рр. в ІТГП НАНУ проводилися наукові дослідження за темою "Розробка аналітично-інформаційної системи прогнозування надзвичайних ситуацій на прирічкових територіях з використанням сучасних геоінформаційних технологій", в ході яких було встановлено актуальність проведення спеціалізованих досліджень з прогнозування аварій на протипаводкових дамбах і гідровузлах. З 2013 р. розпочалися наукові дослідження за темою "Розробка аналітично-інформаційної системи прогнозування аварій та надзвичайних ситуацій на гідровузлах з використанням сучасних геоінформаційних технологій", за результатами яких передбачається:

- впровадити й модернізувати програмні продукти для створення фондів космічних та аерознімків на основі доступних версій на ринку ГІС, розробити нові програмні продукти (бази даних, бази знань) для обробки, аналізу й оцінювання апріорних і апостеріорних даних (проектних, гідрологічних, метеорологічних, інженерно-геологічних, сейсмологічних, топографічних, тощо), що визначають надійність та безпеку гідроспоруд;

- залучити можливості сучасних геоінформаційних технологій і дані ДЗЗ в аналітичні процедури й методи прогнозування аварій і НС на гідроспорудах різного типу і призначення;

- розробити методичні рекомендації по моделюванню і імовірнісному прогнозуванню сценаріїв виникнення й розвитку аварій та НС на гідровузлах, оцінці ризиків аварій та НС з використанням геоінформаційних технологій з візуалізацією отриманих результатів на електронних картах;

- розробити методичні рекомендації по районуванню територій по рівнях ризику аварій на гідровузлах з метою ефективного планування та обґрунтування заходів по попередженню, запобіганню та мінімізації наслідків аварій та НС на гідроенергетичних об'єктах України.

ЛІТЕРАТУРА

1. Bartle A. Hydropower potential and development activities // Energy Policy, 2002. — Vol. 30. — Issue 14. — P. 1231–1239.
2. Векслер А.Б., Ивашищев Д.А., Стефанишин Д.В. Надежность, социальная и экологическая безопасность гидротехнических объектов: оценка риска и принятие решений / — С.-Пб.: ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева, 2002. — 591 с.
3. Стефанишин Д.В. Прогнозування аварій на греблях в задачах оцінки й забезпечення їх надійності та безпеки // Гідроенергетика України. — 2011. — № 3–4. — С. 52–60.
4. Карамушка А.М., Касьяненко А.М., Ландау Ю.А. Украина — член Международной комиссии по большим плотинам // Гідроенергетика України. — 2010. — № 3. — С. 1–4.
5. Dam safety — Guidelines. ICOLD. Bulletin No. 59, 1989.
6. Wieland M., Mueller R. Dam safety, emergency actions plans and water alarm systems // International Water Power & Dam Construction. — January. — 2009. — P. 34–38.
7. <http://uge.gov.ua/clients/ukrge/site.nsf/%28documents%29/15D0374D60AF8C86C2257711004CBB62>.
8. Бисовецкий Ю.А., Третьяк К.Р., Щучик Э.С. Автоматизация геодезических наблюдений за гидротехническими сооружениями гидроэлектростанций Укрэнерго // Гідроенергетика України. — 2011. — № 2. — С. 45–51.
9. Беспалова О.М., Краев В.Ф. Типізація зсувів на прикладі правого берега р. Дніпра в районі Канівського водосховища // Доп. АН УРСР. Серія Б. — 1987. — № 3. — С. 20–23.
10. Красовський Г.Я. Космічний моніторинг безпеки водних екосистем із застосуванням геоінформаційних технологій — К.: Інтертехнологія, 2008. — 480 с.
11. ДеМерс М.Н. Географические Информационные Системы. Основы / Пер. с англ. — М.: Дата +, 1999. — 489 с.

© Стефанишин Д.В., Корбутяк В.М., Трофимчук О.М., 2013

