

## ЕНЕРГЕТИКА

УДК 627.51

**Панасенко А.В.**

керівник групи прогнозування гідроресурсів,  
відділу прогнозування, аналізу та звітності, ПрАТ «Укргідроенерго» м. Вишгород

### ПРОГНОЗУВАННЯ ГІДРОРЕСУРСІВ ТА ПЛАНУВАННЯ ВОДНОЕНЕРГЕТИЧНИХ РЕЖИМІВ КАСКАДІВ ГЕС ТА ГАЕС З ВРАХУВАННЯМ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН

*Рівень впливу гідроенергетики на регулювання водних ресурсів досить високий. Завдяки створенню водосховищ з'являється можливість зменшення збитків від затоплень прилеглих до річок територій шляхом регулювання паводків та забезпечення запасів води для використання в подальшому в період маловоддя.*

*У той же час, потребують вдосконалення існуючі методики пропуску паводку та завчасної підготовки водосховищ до прийняття і зарегулювання великих вод. А також необхідне створення комп'ютеризованої математичної (гідродинамічної) моделі, яка дасть змогу прогнозувати поведінку паводків та повеней, і завчасно готувати водосховища до їх пропуску, а також здійснювати аналіз різних сценаріїв пропуску паводків та повеней через гідротехнічні споруди.*

*Одним з перспективних напрямків розвитку ПрАТ «Укргідроенерго» є проєкт створення автоматизованого програмно-апаратного комплексу: «Система планування (прогнозування) та управління водними ресурсами та виробництвом електроенергії на ГЕС та ГАЕС ПрАТ «Укргідроенерго» (Water Management System), який передбачає прогнозування та відтворення паводків і періодів маловоддя, заснованих на аналізі гідрологічних моделей, дослідженні історичних даних щодо паводків та маловоддя та покращенні розуміння варіативності майбутніх подій.*

*Реалізація проєкту дозволить вирішувати задачі ведення гідрорежимів водосховищ ГЕС та ГАЕС, збереження довкілля та екології, і оптимальним чином планувати та використовувати гідроресурси при роботі на ринку електричної енергії одного з найбільших в Україні виробників електричної енергії з відновлюваних джерел енергії.*

**Ключові слова:** паводок, повінь, маловоддя, коливання рівнів води, прогноз, трансформація паводкових вод, кліматичні зміни, гідроресурси, відновлювальні джерела енергії, гідрологічна модель, управління водними ресурсами, ГЕС.

Сьогодні при плануванні водноенергетичних режимів каскадів ГЕС та ГАЕС насамперед потрібно враховувати кліматичні зміни, які відбуваються у всьому світі. І Україна не є виключенням.

Зростання температури призводить до осушення річок та озер, що, в свою чергу, прискорює колообіг води в природі. Такий сценарій призведе до збільшення нерівномірності розподілення річної норми опадів, тобто в результаті сильних злив за декілька днів може випасти сезонна норма опадів для регіону [1].

Навесні 2020 року Український гідрометричний центр зафіксував один з найнижчих рівнів води у річках України за всю історію спостережень. Це наслідки безсніжної зими та відсутності дощів у іншу пору року. Проблема рекордного маловоддя протягом року двічі виносилася на засідання РНБО як питання національної безпеки [2].

Дані рядів спостережень та наукових досліджень показують, що посушливі умови почали переважати в Україні, а їхня інтенсивність збільшилася. Досі, включно з кінцем ХХ століття, в Україні були відносно сприятливі кліматичні умови зі слабкими посухами та вищою атмосферною вологістю. Дослідники прогнозують, що при очікуваному підвищенні середньої глобальної температури навіть на 1,5°C, протягом 2020 - 2050 років кожен другий теплий рік може бути посушливим [3].

Зміна клімату вже впливає на наше життя, і з кожним роком наслідки будуть тільки посилюватися. На скільки будуть серйозні наслідки, залежить від того, на скільки ми готові прогнозувати та планувати водні запаси та реагувати на кліматичні тенденції.

Для пом'якшення наслідків зміни клімату, таких як нестача води або зростання обсягів паводкових вод, в Україні здійснюється поступовий перехід від пасивного протипаводкового захисту до активної фази, в основі якої реалізується будівництво протипаводкових об'єктів та водосховищ у складі ГЕС. Це дасть можливість знизити рівні високих паводків до рівня паводків 10%-ї забезпеченості, та здійснювати їх пропуск у межах русла річок без нерегульованого затоплення прилеглих територій, що дозволить уникнути холостих скидів у нижній б'єф.

Рівень впливу гідроенергетики на регулювання водних ресурсів досить високий. Завдяки створенню водосховищ з'являється можливість зменшення збитків від затоплень прилеглих до річок територій шляхом регулювання паводків та здійснення запасів води для використання в подальшому в період посухи. Для цього у водосховищі передбачаються спеціальні протипаводкові об'єкти для регулювання. Такий протипаводковий комплекс у періоді проходження високих вод дозволяє зменшити їх вплив за рахунок перерозподілу стоку шляхом акумулювання надлишкових обсягів води у протипаводкових об'єктах.

У той же час потребують удосконалення методики пропуску паводку та завчасної підготовки водосховищ до прийняття і зарегулювання великих вод. Крім того, вкрай необхідним є створення комп'ютеризованої математичної (гідродинамічної) моделі, яка дасть змогу прогнозувати поведінку паводку і завчасно підготувати водосховища, а також здійснювати аналіз різних сценаріїв пропуску паводку через гідротехнічні споруди.

Необхідність створення автоматизованих систем пояснюється і тим, що останнім часом зростає потреба в вирішенні численних задач, пов'язаних з підвищенням ефективності оперативного управління водними ресурсами. Деякі задачі ще не мають математичного формулювання. Це задачі без яких не можуть бути створені ефективні системи обліку, проектування, експлуатації водогосподарських систем, від їх вирішення залежить ефективність використання та економія водних ресурсів.

ПрАТ «Укргідроенерго» – це один з найбільших в Україні виробників електроенергії з відновлювальних джерел. На балансі Товариства знаходиться 103 агрегати ГЕС та ГАЕС, загальна встановлена потужність яких станом на 01 лютого 2021 року становила 5849 МВт. На компанію покладено, серед інших, виконання двох основних завдань. З одного боку, як учасник паралельної роботи в Об'єднаній енергосистемі (далі –

ОЕС) України, вона забезпечує покриття пікових навантажень, регулювання частоти та потужності, а також підтримання та розвиток високоманеврених аварійних резервів потужності для надійної та безперебійної роботи енергосистеми країни. Фактично, чим більше гідроресурсів має Україна, тим більш енергонезалежною є електроенергетична галузь країни. З іншого боку, як один з найбільших водокористувачів гідроресурсів річок Дніпро та Дністер, ПрАТ «Укргідроенерго» здійснює ведення гідрорежимів водосховищ каскаду дніпровських ГЕС та дністровського гідровузла з метою забезпечення водою усіх водокористувачів, підтримання рівнів б'єфів водосховищ та скидів води, пропуску паводків, забезпечення санітарних та екологічних попусків, тощо.

На поточний момент довгострокове, середньострокове та короткострокове прогнозування режиму роботи ГЕС та ГАЕС здійснюється на основі прогнозів метеоумов, що надаються Українським гідрометеорологічним центром, протокольних рішень засідань Міжвідомчої комісії по узгодженню режимів роботи Дніпровських та Дністровського водосховищ, статистичних даних щодо гідрологічних спостережень за останні 40 років та фактичних даних про параметри водосховищ (вільні об'єми водосховищ, рівні б'єфів, режим роботи відповідно до періоду, який визначається «Правилами експлуатації водосховищ» [4, 5], тощо).

Дані від Українського гідрометеорологічного центру надходять на щоденній та щомісячній основі, з уточненням у щодобових інформаційних довідках у разі проходження високих паводкових вод створюється оперативна група, яка надає більш детальну інформацію про гідрологічні параметри паводкової хвилі.

Але інформація є лише прогнозою і не завжди відповідає реальним погодним умовам у зв'язку з застарілим обладнанням вимірювальної техніки, недостатньою кількістю гідрологічних постів, відсутністю витратомірів та недостатньою циклічністю надходження оперативної інформації.

Без сумніву моделювання і прогнозування кліматичних умов - досить складний процес і потребує кліматичних даних високої якості, врахування опадів, температури, танення снігу, випаровування та поглинання води ґрунтом. Але з сучасними технологіями і комп'ютерною технікою є можливість наблизитись до більш точних прогнозів.

Одним з напрямків Товариства є проєкт на створення автоматизованого програмно-апаратного комплексу: «Система планування (прогнозування) та управління водними ресурсами

та виробництвом електроенергії на ГЕС та ГАЕС ПрАТ «Укргідроенерго» (Water Management System), який передбачає прогнозування та відтворення паводків та засух, засноване на аналізі гідрологічних моделей, що генерує річкову течію, досліджені історичних даних щодо паводків та маловоддя та покращенні розуміння варіативності майбутніх подій.

З метою вирішення вищезазначених завдань планується підвищити ефективність прогнозування водних ресурсів, забезпечити оптимізацію їх використання, задовольняти потреби усіх водокористувачів, а також дотримуватися екологічних вимог до дніпровських та дністровського водосховищ.

З метою побудови коректної моделі водно-енергетичного балансу каскаду ГЕС необхідно провести аудит технічного стану засобів вимірювальної техніки на кожній ГЕС для визначення:

- витрат води через: гідроагрегати, на власні потреби, водоскидні споруди і витрат води через шлюзи для пропуску суден;

- фактичного обліку витрат води через турбіни гідроагрегатів і водоскиди, який імовірно виконувати з використанням багатопроменевих ультразвукових (радарних) систем вимірювання витрат води;

- рівнів нижніх і верхніх б'єфів з урахуванням підпору від добігання води і втрат напорів на їх сміттеутримуючих решітках;

- запасів води у водосховищах (по існуючим кривим об'ємів і площ водосховища) або з використанням космічної фотозйомки і визначення розмірів «дзеркала» водосховища;

- даних про стокоутворюючі фактори та гідрометеорологічні дані;

- розрахункових і фактичних даних по випаровуванню води з водосховищ;

- розрахункових або фактичних даних по відборах води на водогосподарські потреби;

- фактичних обмежень за рівнями б'єфів щодо витрат та інших граничних значень за фактичними даними.

Для розробки методики планування виробітку електроенергії спочатку необхідно побудувати мережеву балансову модель, що представлятиме річковий басейн Дніпра та річки Дністер, з урахуванням усіх водокористувачів річкової системи і характерних точок (місць злиття річок, розташування створів водозабору і водовипусків, створів ГЕС, водосховищ, меліоративних схем і т. д.), що впливають на зміну параметрів водного балансу.

Математична модель каскадів ГЕС та ГАЕС включатиме топографічні, гідрологічні та технологічні характеристики кожної ГЕС та ГАЕС каскадів.

Модель каскадів ГЕС та ГАЕС використовуватиме принципи геоінформаційної системи (GIS) і буде мати презентаційні можливості графічного представлення даних.

**Висновки.** Прогнозування гідроресурсів та планування гідрорежимів водосховищ ГЕС та ГАЕС з врахуванням кліматичних змін без запровадження сучасних методик розрахунків та відповідних програмно-апаратних засобів, без розробки точних гідродинамічних моделей басейнів річок, без запровадження значної кількості метеорологічних постів з автоматизованою передачею до розрахункових центрів актуальних метеоданих є малоефективним.

Основною метою створення автоматизованого програмно-апаратного комплексу: «Система планування (прогнозування) та управління водними ресурсами та виробництвом електроенергії на ГЕС та ГАЕС ПрАТ «Укргідроенерго» (Water Management System) є оперативне управління водними ресурсами прогнозування та планування на короткострокову та довгострокову перспективу.

Без вирішення задач, які розглядається у даній роботі не можуть бути створені ефективні системи обліку, проектування, експлуатації водогосподарських систем, від цього залежить ефективність використання, економія водних ресурсів, що є вкрай актуально на сьогодні.

Гідродинамічне моделювання та гідрологічна вивченість річок допоможе:

- комплексно аналізувати водозабезпечення в рамках басейнів річок;

- виконувати водно-енергетичні розрахунки і розрахунки виробітку електроенергії;

- формувати короткострокові і довгострокові гідрологічні прогнози;

- розраховувати час добігання води;

- будувати сценарії використання водних ресурсів та здійснювати розрахунки для умов маловоддя та паводку, повені.

Реалізація проекту дозволить вирішувати задачі ведення гідрорежимів водосховищ ГЕС та ГАЕС, збереження довкілля та екології, і оптимальним чином планувати та використовувати гідроресурси при роботі на ринку електричної енергії одного з найбільших в Україні виробників електричної енергії з відновлюваних джерел енергії.

## Список літератури:

1. Прес-центр Екодії. Нестача води - головний ризик від зміни клімату для України. Київ, 2020. URL: [https://ecoaction.org.ua/nestacha-vody-ryzyk-ukrainy.html?gclid=Cj0KCQiA-aGCBhCwARIsAHD15x\\_kahx8EW Tn92JFvmnm0WZmXxDOYlGsrDKoWNojg-WQCoU7XfjPAIaAoQPEALw\\_wcB](https://ecoaction.org.ua/nestacha-vody-ryzyk-ukrainy.html?gclid=Cj0KCQiA-aGCBhCwARIsAHD15x_kahx8EW Tn92JFvmnm0WZmXxDOYlGsrDKoWNojg-WQCoU7XfjPAIaAoQPEALw_wcB) (дата звернення 18.05.2020).
2. Зміни клімату: глобальне потепління – не міф. Офіційний веб-сайт РАЕС: <https://www.mpp.rv.ua/zmini-klimatu-globalne-poteplinna-%E2%80%93-ne-mif.html> ( 18.03.2020).
3. Правила експлуатації водосховищ Дніпровського каскаду. Науково-дослідний інститут водогосподарсько-екологічних проблем. Київ: Генеза, 2003.
4. Правила експлуатації водохранилищ Дністровського комплексного гідроузла, 589-39-Т36, Москва, 1987.
5. Дністровська ГАЕС. Правила експлуатації водосховищ Дністровського каскаду ГЕС та ГАЕС. Гідрометричні і гідрографічні роботи з уточнення обсягу дністровського та буферного водосховищ. Заключний звіт, 732/МЦД-2-Т113, ПАТ «Укргідропроєкт», Харків, 2013.
6. Киселев П.Г. Гидравлика. Основы механики жидкости. Москва: Энергия, 1980. 360 с.
7. Грушевский М.С. Некоторые вопросы гидравлических расчетов для потоков в открытых руслах. Труды Академии водохозяйственных наук. Вып.3. Водные пути и русловые процессы. Москва, 1996. 174 – 192. с
8. Уточнение проектных водохозяйственных и водноэнергетических характеристик Дністровського гідроузла. Уточнение расчетного сбросного расхода на основе использования прогнозов, 589-7-Т2, Харьков, 1979.
9. Загальна гідрологія: підручник/ В.К. Хільчевський, О.Г. Ободовський, В.В. Гребінь та ін. Київ: Видавничополіграфічний центр «Київський університет», 2008. 399 с. ISBN 978-966-439-016-0.
10. Краковская С.В., Паламарчук Л.В., Шедеменко И.П., Дюкель Г.А., Гнатюк Н.В. Численный прогноз регионального климата Украины на основе сценариев возможных глобальных климатических изменений в XXI веке (Заключительный отчет). № гос. регистрации 0108U007657. 2010. 97 с.
11. Лобода Н. С. Влияние изменений климата на водные ресурсы Украины (моделирование и прогнозы по данным климатических сценариев) // Глобальные и региональные изменения климата под ред. Шестопалова В.М., Логинова В.Ф., Осадчего В.И. и др.) – Київ: Ніка-Центр, 2011. 340-352 с.

**Panasenko A.V. FORECASTING OF HYDRO RESOURCES AND PLANNING OF WATER AND ENERGY REGIMES OF HYDROPOWER AND PIPE CASCADES TAKING INTO ACCOUNT CLIMATE CHANGE**

*The level of influence of hydropower on the regulation of water resources is quite high. The creation of reservoirs makes it possible to reduce the damage from flooding in areas adjacent to rivers by regulating floods and providing water supplies for future use in times of low water.*

*At the same time, the existing methods of flood prevention and early preparation of reservoirs for the reception and regulation of large waters need to be improved. It is also necessary to create a computerized mathematical (hydrodynamic) model that will allow to predict the behavior of floods and floods, and prepare reservoirs in advance for their passage, as well as to analyze different scenarios of floods and floods through hydraulic structures.*

*One of the promising areas of development of PJSC “Ukrhydroenergo” is the project of creating an automated software and hardware complex: “System of planning (forecasting) and management of water resources and electricity production at HPPs and PSPs of PJSC “Ukrhydroenergo” (Water Management System) floods and periods of low water, based on the analysis of hydrological models, studied historical data on floods and low water and improved understanding of the variability of future events.*

*The implementation of the project will allow solving the problems of maintaining the hydro regimes of HPP and PSP reservoirs, preserving the environment and ecology, and optimally plan and use hydro resources when operating in the electricity market of one of Ukraine's largest producers of electricity from renewable energy sources.*

**Key words:** *flood, flood, low water, fluctuations of water levels, forecast, transformation of flood waters, climatic changes, hydro resources, renewable energy sources, hydrological model, water resources management, hydroelectric power stations.*