УДК.621.313

ЛАНДАУ Ю.О., докт. техн. наук, заст. техн. директора ПАТ «Укргідропроект», м. Харків;
СТАШУК І.В., головн. фахівець, керівник робіт верхньодністровського каскаду ГЕС ТОВ «Гідротехпроект», м. Харків.

ПЕРСПЕКТИВИ СТВОРЕННЯ ВЕРХНЬОДНІСТРОВСЬКОГО КАСКАДУ ГЕС

В статті згідно попереднього дослідження можливостей гідроенергетичного та водогосподарського використання верхньої ділянки р. Дністер приводяться перспективи створення верхньодністровського каскаду ГЕС поектною загальною потужністю 390 МВт виходячи з наступних умов: комплексного використання водосховищ для енергетики, боротьби з повенями, водопостачання, охорони навколишнього середовища, рибного господарства, туризму і рекреації; мінімізації шкоди навколишньому середовищу і покращення соціально-економічних умов проживання місцевого населення; забезпечення економічної ефективності будівництва каскаду ГЕС.

Ключові слова: гідроелектростанція, водосховище, гідроенергетика, електроенергія, каскад.

За умов погіршення стану навколишнього природного середовища в світі основним напрямком подальшого розвитку електроенергетики є використання відновлювальних джерел енергії, включаючи гідроенергетику, енергію сонця, вітру, біомаси, геотермальну енергетику та ін.

Із досвіду країн західної і центральної Європи економічно ефективний гідроенергетичний потенціал освоєно, наприклад, у Італії, Швейцарії, Німеччині, Іспанії, Австрії, Словаччині — на 85—98 %, та окрім виробництва відновлювальної електроенергії забезпечується покращення соціально-економічних умов проживання місцевого населення.

Подальше освоєння економічно ефективного гідроенергетичного потенціалу України дозволить збільшити виробіток відновлювальної «зеленої» електроенергії та зменшити шкідливі викиди вуглекислого газу ТЕС в атмосферу у відповідності з Паризькою угодою по клімату по переходу на низьковуглецеву енергетику, ратифікованою ВР України у квітні 2016 р., та взятими Україною міжнародними зобов'язаннями щодо розвитку відновлювальної енергетики, зокрема Договір про заснування Енергетичного Співтовариства та Угода про асоціацію між Україною і ЄС.

В даний час в Україні освоєння економічно ефективного гідроенергетичного потенціалу становить близько 60%. При цьому більша його невикористана частина зосереджена в Карпатському регіоні, що є енергодефіцитним. У цьому краю, окрім використання відновлювальних гідроенергоресурсів, важливим вирішенням проблем є боротьба з повенями, котрі спричиняють значну шкоду місцевому населенню, економіці і довкіллю. Також даний регіон потребує прискорення соціально-економічного розвитку.

В Карпатському регіоні найбільш сприятливою для освоєння гідроенергетичних ресурсів за природніми умовами, енергетичними і економічними показниками є ділянка верхньої частини р. Дністер від села Довге в Івано-Франківській області до виклинювання існуючого водосховища Дністровської ГЕС-1 в Чернівецькій області довжиною близько 220 км з перепадом відміток від 80 м та середньобагатолітніми витратами води 200—230 м^3/с.

В цілому ріка Дністер за своїми водними і гідроенергетичними показниками — друга ріка України після Дніпра.

На основі результатів рекогносцирувального обстеження та виконаних попередніх проектних напрацювань на верхній ділянці р. Дністер було попередньо розглянуто можливість створення каскаду з шести ГЕС.

На Рис. 1 представлено верхню ділянку р. Дністер з попереднім розміщенням на ній створів ГЕС каскаду.

Цей проект включений в «Програму розвитку гідроенергетики України на період до 2026 року», схваленої Урядом України в липні 2016 р.

На сьогоднішній день проведено лише попереднє дослідження можливостей гідроенергетичного та водогосподарського використання верхньої ділянки р. Дністер, з попереднім визначен-

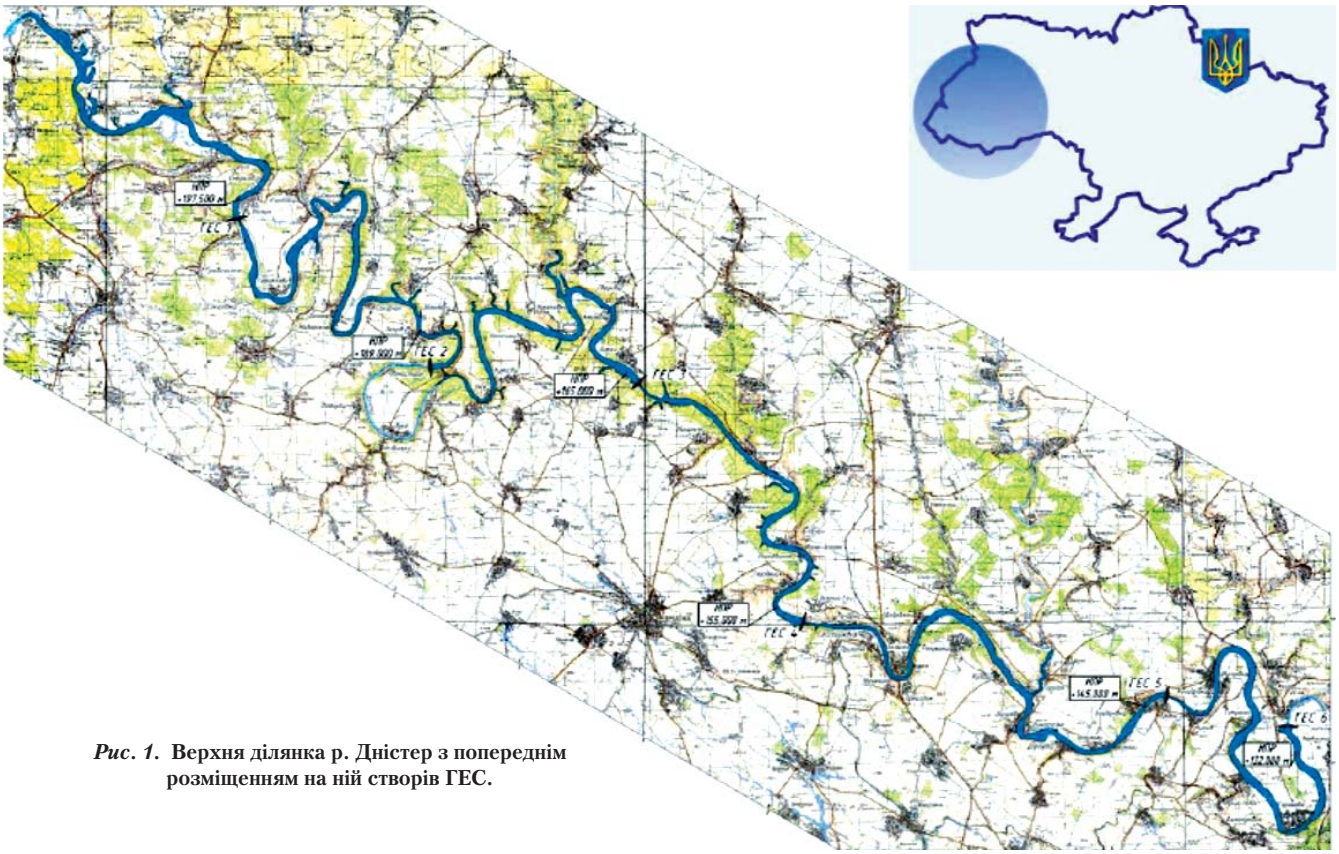

Рис. 1. **Верхня ділянка р. Дністер з попереднім розміщенням на ній створів ГЕС.**

ням техніко-економічної доцільності будівництва верхньодністровського каскаду ГЕС з водосховищами комплексного використання, за умов мінімізації шкоди навколишнього середовища та покращення соціально-економічних умов проживання місцевого населення.

В 2016—2018 рр. передбачається розробити ТЕО каскаду ГЕС, в якому на основі даних результатів інженерних вишукувань і досліджень з охорони навколишнього середовища та соціальних умов, кількість ГЕС і їх місця розташування та основні показники будуть уточнені, а вибір рекомендованого варіанту каскаду ГЕС буде виконуватись виходячи з умов забезпечення енергоекономічної ефективності і мінімізації шкоди навколишньому середовищу та поліпшення соціально-економічних умов проживання місцевого населення (Рис. 1).

Створення верхньодністровського каскаду ГЕС розглядається на основі сучасних, прийнятих у світовій практиці підходах:

- комплексного використання водосховищ для енергетики, боротьби з повенями, водопостачання, охорони навколишнього середовища з врахуванням існуючих природно-заповідних об'єктів і їх подальшого розвитку, рибного господарства, туризму і рекреації;

- мінімізації шкоди навколишньому середовищу і покращення соціально-економічних умов проживання місцевого населення;

- забезпечення економічної ефективності будівництва каскаду ГЕС.

При цьому принцип мінімізації шкоди навколишньому середовищу є визначальним. Виходячи з цього, в попередніх проектних напрацюван-

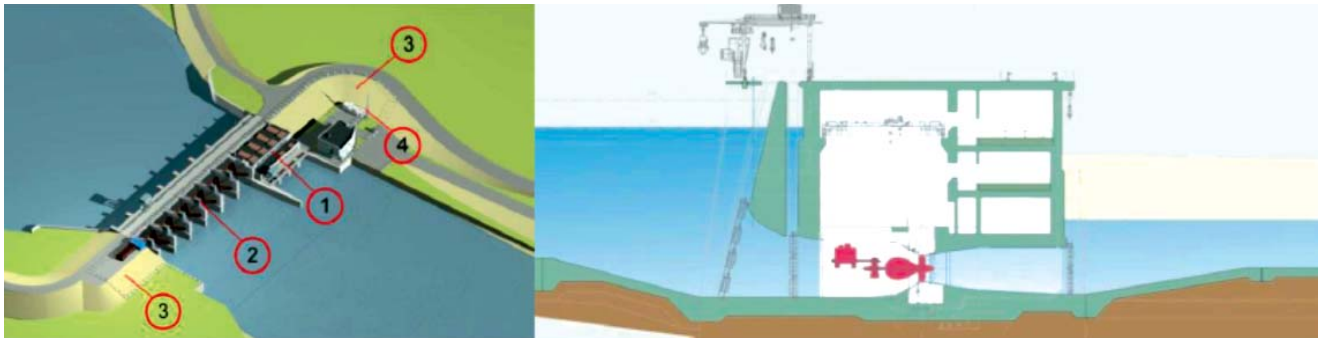

Рис. 2. **Типова низьконапірна уніфікована руслова ГЕС**
(*1* — руслова будівля ГЕС з чотирма горизонтальними капсульними гідроагрегатами потужністю 15 МВт, *2* — водозливна гребля, розрахована на пропуск повені 0,5% — 6 тис. м^3/с, *3* — правобережна і лівобережна земляні греблі, *4* — відкритий розподільчий пристрій)

Таблиця 1. **Попередні водогосподарські та водноенергетичні показники верхньодністровського каскаду ГЕС**

Найменування	Номер ГЕС						
	1	2		3	4	5	6
Середньобагатолітня витрата води, $м^3/с$	198	205		215	220	225	227
Характерні рівні води в водосховищі, м:							
- НПР;	197,5	189,0		165,0	155,0	145,0	132,0
- РМО;	196,0	185,0		163,5	153,1	144,0	131,0
- ФПР	199,0	190,0		168,0	158,0	148,0	135,0
Площа дзеркала при НПР, $км^2$	4,20	12,12		6,61	5,21	9,74	8,71
Об'єм водосховища, млн. $м^3$:							
- повний при НПР;	24,2	75,6		25,2	27,8	38,5	29,7
- добового регулювання;	7,5	7,7		7,8	8,5	8,1	8,4
- обмеженого сезонного регулювання;	—	30,0		—	—	—	—
- протиповеневий	20,1	23,0		20,7	17,3	35,3	30,7
Тип ГЕС	руслова	деривацийна	руслова мала ГЕС	руслова			
Розрахунковий напір, м	8	18,3	11,7	8,0	7,9	8,7	7,8
Максимальна витрата ГЕС, $м^3/с$	852	534	40	852	863	784	874
Встановлена потужність, МВт	60,0	86,0	4,0	60,0	60,0	60,0	60,0
Річний виробіток електроенергії, млн. кВт·год	113	178	33	119	128	135	124

нях було розглянуто каскад низьконапірних ГЕС з напорами 8–9 м.

При таких низьких напорах на ГЕС їх водосховища будуть невеликими з середнім об'ємом близько 30 млн. $м^3$ та площею водного дзеркала — 7 $км^2$, завдяки чому більша частина площі водосховищ буде розташована в межах русла ріки та заплавних земель, що затоплюються повенями 1—5% забезпеченості, та в зоні яких не дозволяється будівництво (1 % забезпеченості) будинків приватної власності і громадських будівель.

Як показав попередній аналіз, площа, яка затоплюється водосховищами при відмітках НПР, незначно відрізняється від площ затоплення при проходженні повеней. Так для повені 1 % забезпеченості, ця різниця становить не більше 5%, а для повені 5 % забезпеченості — не більше 10 %. Цим і досягається мінімізація затоплення земель.

При невеликих об'ємах, незначних глибинах та вузькій в плані каналоподібній формі водосховищ, буде забезпечена висока проточність водосховищ, промивка водосховищ від наносів, щорічний багатократний водообмін води у водосховищах, а також природне самоочищення та висока якість води з виключенням можливості евтрофікації та цвітіння води.

Каскад водосховищ з ГЕС передбачається виконати «розімкненого» типу, тобто залишити ділянки річки незатоплені водосховищами.

До складу комплексу захисних заходів при гідровузлах належать дамби, дренажі, кріплення берегів для захисту населених пунктів, сільгоспугідь від повеней, затоплення, підтоплення і переробки берегів, що націлені на покращення умов проживання населення у зоні впливу водосховищ.

Для мінімізації можливих збитків навколишньому середовищу при створені каскаду ГЕС окрім захисних заходів передбачається також:

- компенсація можливих втрат тваринному і рослинному світів, сільському, лісовому, рибному господарств;

- організація водоохоронних зон;

- розглядання на основі досвіду країн західної і центральної Європи, США та ін. країн світу можливості включення деяких водосховищ каскаду ГЕС до існуючого Національного природного парку «Дністровський каньйон» з розширенням території парку. Водосховища, як показує світовий досвід, органічно впишуться в існуючі природні комплекси та можуть стати «ядром» парку.

В Табл. 1 наведені попередні основні водогосподарські та водноенергетичні показники верхньодністровського каскаду ГЕС, включаючи п'ять руслових низьконапірних уніфікованих ГЕС з напорами 8—9 м і одну деривацийну ГЕС з напором 18,3 м з розміщенням в водосховищах вище НПР протиповеневих ємностей.

На Рис. 2 приведена типова низьконапірна уніфікована руслова ГЕС.

Для каскаду ГЕС передбачається добове регулювання стоку водосховищами для покриття ГЕС пікової зони добового графіка навантажень енергосистеми при попередній сумарній потужності всіх ГЕС 390 МВт з середньобагатолітнім виробітком електроенергії близько 830 млн. кВт.год.

При таких попередніх водноенергетичних параметрах верхньодністроаський каскад з шести ГЕС зможе забезпечити електропостачанням обласні центри — Івано-Франківськ та Тернопіль. Для виробітку такої кількості електроенергії на ТЕС

треба протягом року спалити близько 330 тис. т вугілля, що призведе до викиду в атмосферу димових газів близько 3,0 млрд. м^3, які містять 700 тис. т вуглекислого газу, 15 тис. т оксиду сірки, радіоактивні відходи та ін. шкідливі речовини, а в золовідвали попаде близько 100 тис. т шлаків, що негативно впливатиме на довкілля з забрудненням повітряного середовища і підвищенням смертності через екологічні фактори.

На водосховищах каскаду ГЕС попередньо розглянуто можливість розміщення над НПР протиповеневих ємностей та проведення передповеневого спрацювання водосховищ, що дозволить зарегулювати стік і трансформувати повені різної забезпеченості, зменшуючи максимальні повеневі витрати, що скидаються із нижче розташованого Дністровського водосховища з корисною ємністю близько 2 млрд. м^3, яке є основним регулятором стоку р. Дністер. При цьому досягається зниження рівнів води при пропуску повеней і, відповідно, зменшення збитків від повеней в середній та нижній частині Дністра. Крім того, створення водосховищ покращує умови водопостачання, рибного господарства, туризма і рекреації, екологічні умови в меженний період маловодних річок, а з врахуванням сприятливих кліматичних і природних умов підвищиться цінність прилеглих до водосховищ земель.

Для покращення туристичної та рекреаційної привабливості територій при розробці ТЕО каскаду ГЕС передбачається розглянути створення додаткової туристичної та рекреаційної інфраструктури для розміщення в зоні водосховищ:

- зон кемпінгових ділянок, пляжів, баз відпочинку, спортивних майданчиків та ін.;

- піших та велосипедних туристичних маршрутів;

- причалів для прогулянкових катерів та віндсерфінгу;

- оглядових та риболовних ділянок;

- скелелазних місць;

- зон для дитячих та молодіжних літніх таборів.

Для подальшого розвитку водного туризму, як одного із пріоритетних напрямків, включаючи популярний сплав по річці (наприклад на байдарках), окрім наявності незатоплених ділянок річки між водосховищами, при гідровузлах будуть передбачені обхідні канали з порогами для сплаву і додаткового екстриму, як прийнято на аналогічних водосховищах в країнах західної Європи.

Будівельно-господарські умови в зоні каскаду ГЕС сприятливі завдяки наявності мережі автомобільних доріг, залізничної мережі, ЛЕП 35 кВ і 330 кВ, наявності кар'єрів місцевих будівельних матеріалів.

При розробці ТЕО каскаду ГЕС передбачається розглянути виконання робіт каскадним методом із створенням загальної будівельної інфраструктури та сумісним (паралельним) будівництвом гідровузлів, що дозволить скоротити загальну вартість будівництва, строки введення гідроагрегатів, забезпечити в період будівництва початок окупності капітальних вкладень за рахунок вироблення електроенергії на ГЕС, що вводяться. Такий метод будівництва є інноваційним. При цьому, при терміні будівництва кожної ГЕС близько 3 років (34 місяці) такий метод дозволяє після введення першої ГЕС щороку вводити нову ГЕС і завершити будівництво за 8 років.

При цьому експлуатацію каскаду ГЕС передбачається виконувати з єдиного центру управління каскадом із забезпеченням високого рівня автоматизації з мінімізацією загальної чисельності обслуговуючого персоналу каскаду ГЕС (при відсутності обслуговуючого персоналу на кожній ГЕС).

Попередня оцінка фінансової ефективності показує, що будівництво верхньодністровського каскаду ГЕС при орієнтовних питомих капіталовкладеннях близько 2 500 тис. євро/кВт є економічно ефективним.

При цьому, для районів Івано-Франківської, Тернопільської і Чернівецької областей, на території яких планується створення каскаду ГЕС, передбачається виділення коштів на прямі соціальні заходи для покращення соціально-економічних умов проживання місцевого населення, що можуть скласти до 10 % від загальної вартості будівництва каскаду ГЕС.

При створенні каскаду водосховищ з ГЕС забезпечується покращення соціально-економічних умов проживання місцевого населення, за рахунок:

- вирішення соціальних проблем, включаючи будівництво шкіл, дитячих садків, лікарень, сільських амбулаторій та ін. соціальних об'єктів;

- захисту прибережних зон від повеней;

- використанню будівельної та соціальної інфраструктури, поліпшення транспортних умов завдяки будівництву під'їзних доріг, мостових переїздів через гідровузли, додаткового з'єднання автодорогами сусідніх областей;

- прокладанню через гідровузли до населених пунктів різних інженерних комунікацій;

- поліпшенню умов водопостачання, електропостачання;

- притоку в регіон значних інвестицій при будівництві до 15 млрд. грн. та потім при розвитку туристичної та рекреаційної інфраструктури;

- створенню додаткових робочих місць для місцевого населення в період будівництва та експлуатації;

- підвищення доходів місцевих жителів за рахунок розвитку туристичної та рекреаційної інфраструктури;

- збільшення податкових надходжень в місцеві бюджети.

При розробці ТЕО верхньодністровського каскаду ГЕС буде передбачено:

- Розробка на основі даних результатів інженерних вишукувань і досліджень з охорони навколишнього середовища і соціальних умов декількох альтернативних варіантів каскаду ГЕС з визначенням (уточненням) кількості ГЕС і їх розміщення з водосховищами комплексного призначення і різними об'ємами протиповеневих ємностей водосховищ, їх розгляду і попереднього погодження органами місцевого самоврядування і громадськістю та обґрунтування на основі техніко-економічного порівняння розглянутих варіантів рекомендованого варіанту каскаду ГЕС, виходячи з умов забезпечення енергоекономічної ефективності і мінімізації шкоди навколишньому середовищу та поліпшення соціально-економічних умов проживання місцевого населення.

- Визначення для вибраного варіанту каскаду ГЕС оптимальних водогосподарських та водноенергетичних показників ГЕС з врахуванням комплексного використання водосховищ, в т. ч. боротьби з повенями, та участь у покритті гідроелектростанціями каскаду пікової частини добового графіка навантаження ОЕС України. Розробка проектних рішень по спорудам та технологічному обладнанню каскаду ГЕС, виходячи із забезпечення високої надійності роботи споруд, уніфікації споруд і технологічного обладнання, сприятливих умов експлуатації, мінімізації обсягів робіт та строків будівництва, високих енергоекономічних і технічних показників ГЕС каскаду з мінімізацією шкоди навколишньому середовищу і поліпшення соціально-економічних умов.

- Виконання Інститутами Національної академії наук України, місцевими науково-дослідними організаціями і університетами трьох областей (Івано-Франківської, Тернопільської і Чернівецької) з залученням національного природного парку «Дністровський каньйон» комплексних досліджень по впливу каскаду водосховищ з ГЕС на навколишнє середовище і соціально-економічні умови проживання місцевого населення.

У відповідності з Законодавством України розроблені матеріали ТЕО повинні бути розглянуті та погоджені з місцевими органами самоврядування та громадськістю при проведені громадських слухань, розглянуті екологічною експертизою Міністерства екології та природних ресурсів України, та при погоджені направлені в органи державної експертизи.

Рішення щодо схвалення ТЕО верхньодністровського каскаду ГЕС буде прийматись Кабінетом Міністрів України на основі результатів державної експертизи.

Висновки

Отримані попередні результати в проектних напрацюваннях показують можливість та ефективність створення верхньодністровського каскаду ГЕС з попередньою сумарною встановленою потужністю каскаду ГЕС 390 МВт і середньобагатолітнім виробітком електроенергії близько 830 млн. кВт·год.

Для районів Івано-Франківської, Тернопільської і Чернівецької областей, на території котрих планується створення каскаду ГЕС, передбачається виділення коштів на прямі соціальні заходи для покращення соціально-економічних умов проживання місцевого населення, і які можуть скласти до 10 % від загальної вартості будівництва каскаду ГЕС.

При розробці ТЕО каскаду ГЕС, в якому на основі даних результатів інженерних вишукувань і досліджень з охорони навколишнього середовища та соціальних умов, кількість ГЕС і їх місця розташування та основні показники будуть уточнені, а вибір рекомендованого варіанту каскаду ГЕС буде виконуватись виходячи з умов забезпечення енергоекономічної ефективності і мінімізації шкоди навколишньому середовищу та поліпшення соціально-економічних умов проживання місцевого населення.

ЛІТЕРАТУРА

1. *ДБН* В.2.4-3:2010 Гідротехнічні споруди. Основні положення

2. *ДБН* В.1.1-3-97 Інженерний захист територій, будинків і споруд від зсувів та обвалів. Основні положення

3. *СНиП* 2.06.06-85. Плотины бетонные и железобетонные /Госстрой СССР. — М.:ЦИТП Госстроя СССР, 1986 г.

4. *СНиП* 2.06.05-84* Плотины из грунтовых материалов (Москва, Госстрой СССР, 1991 г.).

5. *Плешков Я. Ф.* Регулирование речного стока. Л., Гидрометеоиздат, 1975.

6. *Ландау Ю. А., Сиренко Л. А.* Гидроэнергетика и окружающая середа. Киев, издательство «Либра», 2004 г.

© Ландау Ю.О., Сташук І.В., 2016