

АНАЛІЗ, ОЦІНКА ТА ПРОГНОЗУВАННЯ В ЕКОНОМІЦІ

УДК 004.942 ; 626/627 ; 504.05

Д.В. СТЕФАНИШИН

ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ГІДРОАКУМУЛЯЦІЇ В КОНТЕКСТІ РАЦІОНАЛЬНОГО ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ ТА ЕКОЛОГІЗАЦІЇ ГІДРОЕНЕРГЕТИКИ В УКРАЇНІ

***Анотація.** Проаналізовано сучасний стан, проблеми та перспективи гідроаккумуляції у світовій та вітчизняній електроенергетиці. Відмічено особливості розвитку відновлюваної електроенергетики, що використовує альтернативні джерела енергії (сонячної, вітрової), та традиційної гідроенергетики в країні за рахунок будівництва нових гідроелектростанцій. Обґрунтовано роль гідроаккумуляції як одного зі стратегічних напрямків розвитку вітчизняної електроенергетики, зокрема, гідроенергетики, в контексті її екологізації та раціонального природокористування.*

***Ключові слова:** відновлювана електроенергетика, гідроаккумуляція, гідроаккумуляюча електростанція, гідроелектростанція, гідроенергетика, довкілля, екологізація, раціональне природокористування.*

Вступ

У схваленій Урядом в 2016 р. «Програмі розвитку гідроенергетики на період до 2026 року» [1] відмічається, що на сьогодні в об'єднаній енергетичній системі (ОЕС) України реально існує лише дефіцит резервів потужності автоматичного вторинного регулювання. При цьому вказується, що ефективним способом забезпечити наявність швидкостартуючого резерву потужності у вітчизняній ОЕС є перепрофілювання гідроенергетики з добового регулювання на вторинне регулювання частоти/потужності, для чого перспективним є будівництво гідроаккумуляючих електростанцій (ГАЕС). Останні, як відомо [2–4], забезпечують значно більші можливості регулювання графіка навантаження в ОЕС, у більш широкому діапазоні, ніж, наприклад, традиційні гідроелектростанції (ГЕС) (табл. 1).

Таблиця 1 – Порівняльна характеристика маневрених якостей основних типів електростанцій [2]

Тип електростанцій	Технічний мінімум навантаження, у %	Діапазон регулювання, у %	Час набору повної потужності, хв	
			Після зупинки	З «гарячого» стану
Атомні	85-90	10-15	390-660	60
Теплові (вугілля, мазут)	70-80	20-30	90-180	20-50
Газотурбінні	0	100	15-30	0,5
ГЕС	0	100	1-2	0,25-0,5
ГАЕС	0	200	1-2	0,25-0,5

Зокрема, ГАЕС здатні здійснювати відбір надлишкової потужності з ОЕС та ефективну акумуляцію енергії (табл. 2) у великих об'ємах (на ГАЕС нині припадає майже 99% від ємності акумуляторів всіх типів), забезпечуючи таким чином подвійне регулювання потужності в ОЕС (табл. 1).

Таблиця 2 – Коефіцієнт корисної дії (ККД) різних технологій акумуляції електроенергії [3]

Технологія акумуляції електроенергії	ККД, %
Літій-іонні акумулятори	90-95
Свинцево-кислотні акумулятори	80-90
Гідроакумуляція (ГАЕС)	75-80
Ванадієві відновно-окислювальні акумулятори	~ 75
Нікель-кадмієві, нікелеві метало-гідридні акумулятори	70
Повітряно-компресорні акумулятори адіабатичної дії	< 70
Повітряно-компресорні акумулятори	42-54
Водневі акумулятори	< 40

Зважаючи на переважаючу долю в балансі ОЕС країни атомної та теплової енергетики, яка на разі сягає 90% і більше (близько 50% – атомна енергетика, до 40% – тепла електрогенерація), та прискорений розвиток в країні альтернативних видів відновлюваної електроенергетики – насамперед сонячної та вітрової [5], з їх обмеженими можливостями щодо регулювання, перед гідроакумуляцією відкриваються нові перспективи, зокрема і в контексті усталеного розвитку вітчизняної гідроенергетики [6].

1. Історія розвитку та сучасний стан гідроакумуляції у світі та в Україні

Гідроакумуляція не є новітньою технологією накопичення і збереження електроенергії. Перші ГАЕС (в Італії і Швейцарії) з'явилися ще в кінці позаминулого століття. Однак широке будівництво ГАЕС почалося лише в другій половині ХХ ст., коли стали вводиться в експлуатацію потужні теплові та атомні електростанції з великими агрегатами [2]. І якщо на початку ХХ ст. в світі працювало лише чотири ГАЕС, то на початку 60-х років їх налічувалося вже 72, а до 2010 р. їх кількість досягла 460 [4]. У 1970 р. сумарна потужність ГАЕС складала 16 млн кВт, у 1985 р. – вже більш 40 млн кВт,

а у 2000 р. у світі експлуатувалося більше 350 ГАЕС сумарною потужністю близько 125 млн кВт [2]. На 2011 р. загальна потужність ГАЕС у світі досягла 127 ГВт [7].

На кінець 2010-х рр. найбільша доля встановленої потужності ГАЕС була в країнах Європейського Союзу, де їх потужність на 2009 р. склала 38,3 ГВт (36,8% від світової) при 140 ГВт загальної потужності від гідрогенерації і майже 5% від потужності всіх електростанцій Союзу [8]. Серед світових лідерів за потужністю ГАЕС слід відзначити також Японію і США [8].

На разі у світі налічується 63 ГАЕС встановленою потужністю від 1000 МВт. Серед них 14 мають потужність від 1500 МВт (табл. 3). Дев'ять ГАЕС добудовуються (табл. 4), серед яких і вітчизняна Дністровська ГАЕС, яка має стати шостою за потужністю ГАЕС в світі.

Таблиця 3 – Перелік ГАЕС, встановлена потужність яких складає 1500 МВт і більше [9]

ГАЕС	Країна	Потужність, МВт	Рік введення в експлуатацію
Bath County	США	3003	1985
Huizhou	Китай	2448	2011
Guangdong	Китай	2400	2000
Okutataragi	Японія	1932	1974
Ludington	США	1872	1973
Tianhuangping	Китай	1836	2000
Grand Maison	Франція	1800	1985
La Muela II	Іспанія	1772	
Dinorwig	Велика Британія	1728	1984
Raccoon Mountain	США	1652	1978
Mingtian	Тайвань	1602	1994
Okukiyotsu	Японія	1600	1996
Castaic	США	1566	1973
Tumut-3	США	1500	1973

Таблиця 4 – Перелік ГАЕС, що добудовуються, потужність яких складатиме 1000 МВт і більше [9]

ГАЕС	Країна	Потужність, МВт	Рік завершення будівництва
Fengning	Китай	3600	2019
Kanagawa	Японія	2820	2020
Дністровська	Україна	2268	2026
Jixi	Китай	1800	2018
Liyang	Китай	1500	2016
Huanggou	Китай	1200	2019
Upper Cisokan	Індонезія	1040	2018
Linth-Limmern	Швейцарія	1000	2015
Tehri	Індія	1000	2016

Слід відзначити високу зацікавленість більшості країн світу в прискореному будівництві ГАЕС – в тому числі зумовлену бурхливим розвитком альтернативної відновлюваної електроенергетики, насамперед, – сонячної і вітрової. Будівництво нових ГАЕС ведеться не лише в країнах, де рівень освоєння економічно ефективного гідроенергетичного потенціалу (ЕЕГЕП) вже давно вичерпаний або перевищив 80% (Франція, США, Іспанія, Німеччина, Японія, Італія, Швейцарія) і де практично відсутні прийнятні створи для розміщення нових ГЕС, а й в країнах, де ЕЕГЕП є ще далеким від вичерпання (Росія, Китай, Норвегія, Канада та ін.) і де існує багато привабливих створів для будівництва нових потужних ГЕС [10, 11].

В Україні натеper працює три великі ГАЕС: Київська ГАЕС – перша в Україні і на території країн колишнього СРСР, яку було введено в експлуатацію в 1972 р. [12]; експлуатуються і будуються Дністровська і Ташлицька ГАЕС [1]. Основні водноенергетичні характеристики Київської, Дністровської та Ташлицької ГАЕС наведено нижче в табл. 5. Основними функціями вітчизняних ГАЕС є регулювання частоти і графіка навантажень в ОЕС країни та формування надійного аварійного резерву електроенергії.

Таблиця 5 – Основні проектні та експлуатаційні водноенергетичні характеристики діючих ГАЕС України

Характеристики	Од. вимір.	Київська ГАЕС	Дністровська ГАЕС *	Ташлицька ГАЕС **
1	2	3	4	5
Максимальний напір	м	74,0	154,9	85,5 (88,5)
Встановлена потужність:				
а) у генераторному режимі	МВт	234,5	972 (2268)	302 (906)
б) у насосному режимі		120	1263 (2947)	633 (1266)
Річний виробіток електроенергії	млн кВт-г	200	1165,5 (2720)	370 (873)
Річні витрати електроенергії на заряд (акумуляцію)	млн кВт-г	290	1546,5 (3609)	510 (1178)
Тривалість роботи:				
а) в турбінному режимі	годин	3	4	
б) в насосному режимі		7	4,4	
Кількість агрегатів	шт	6	3 (7)	2 (6)
Склад основного устаткування:				
а) насос-турбіна	шт	3	3 (7)	2 (6)
б) турбіна		3	-	-
Об'єм верхньої водойми:				
а) повний	млн м ³	4,79	38,8	19,34 (24,42)
б) корисний		3,79	32,7	9,3 (14,4)
Площа дзеркала верхньої водойми:				
а) при НІПР	га	72	273	1,37 (1,54)
б) при РМО		57	250	
Об'єм нижньої водойми:				
а) повний	млн м ³	3730	70,1	62,03 (72,43)
б) корисний		1170	60,0	20,8 (26,10)

Продовження табл. 5

1	2	3	4	5
Рівні води у верхній водоймі:				
а) НІПР	М	174,0	229,5	99,5 (103,0)
б) РМО		168,0	215,5	92,0 (92,0)
Рівні води у нижній водоймі:				
а) НІПР	М	103,0	77,1	16,0 (16,9)
б) РМО		101,5	67,6	14,0 (14,5)

В дужках вказано:

* характеристики Дністровської ГАЕС після введення ГАЕС на повну потужність;

** характеристики Ташлицької ГАЕС після розконсервації агрегатів 4-6 та введення ГАЕС на повну потужність.

Сумарна встановлена потужність діючих ГАЕС в Україні наразі становить: в генераторному режимі – 1508,5 МВт; насосному (на акумуляцію) – 2016 МВт. Для порівняння, лише одна ГАЕС Віанден у Люксембурзі [9] має встановлену потужність в генераторному режимі 1296 МВт та 1040 – в насосному режимі. Будівництво цієї ГАЕС розпочалося ще в 1963 р., проводилось кількома чергами, з модернізацією напірних гідроспоруд верхового басейну в 2010 р., і закінчилось лише в 2014 р. У Франції, де ЕЕГЕП вичерпано майже на 100% [6, 10, 11], нові гідрогенеруючі потужності складає гідроаккумуляція на базі діючих високонапірних дериваційних ГЕС, які модернізуються в ГЕС-ГАЕС. При цьому реконструюються об'єкти різної потужності. Серед них, наприклад. ГЕС-ГАЕС Гранд-Мезон (потужність в генераторному режимі – 1800 МВт, в насосному – 1200 МВт); Пуже (377 МВт – турбінний режим, 35 МВт – насос-турбіна); Валорсін (189 МВт – турбінний режим, 40 МВт – насосний режим); Вуглан (76 МВт – турбінний режим, 64 МВт – насосний режим); Сент Хелен (75 МВт – турбінний, 80 МВт – насосний режими); Віє Пре (8,6 МВт – турбінний режим, 11,8 МВт – насосний режим). З європейських країн модернізовані ГЕС-ГАЕС експлуатуються у Австрії (18 подібних об'єктів), Німеччині (8 об'єктів), Швейцарії (15 об'єктів), Італії (19 об'єктів), Іспанії (14 об'єктів), Португалії (9 об'єктів), а також в Норвегії, Чехії, Румунії, Швеції, Польщі (3 об'єкти), Великій Британії.

У найближчих планах розвитку гідроенергетики в Україні, згідно з Програмою [1], розглядається добудова Дністровської і Ташликської ГАЕС (табл. 5), а також будівництво Канівської ГАЕС встановленою потужністю 1000 МВт. Доцільність переорієнтації вітчизняної гідроенергетики на гідроаккумуляцію було підтверджено і результатами проведених нами досліджень перспектив розвитку Дніпровського каскаду з врахуванням ризику невикористаних можливостей, виконаних в 2010 р. [13], де, зокрема, показано вигідність першочергового будівництва Канівської ГАЕС в порівнянні з будівництвом Каховської ГЕС-2 на базі вже існуючих гідроспоруд Каховського гідровузла. Наступні дослідження показали [14], що найбільш доцільним сценарієм уведення нових потужностей гідрогенерації на ГАЕС в Україні при реалізації Програми [1], який дозволяє мінімізувати сукупний ризик включно з ризиком невикористаних можливостей, є сценарій,

за яким на першому етапі рекомендується зосередити зусилля на введенні четвертого агрегату на Дністровській ГАЕС, на другому – на будівництві Канівської ГАЕС, що також підтверджує перспективність першочергового розвитку гідроакумуляції в країні в порівнянні з будівництвом найбільш перспективної з нових ГЕС – Каховської ГЕС-2.

2. Аналіз проблем вітчизняної гідроенергетики в контексті раціонального природокористування та екологізації електроенергетики

Як відомо, згідно із прийнятою Урядом Енергетичною стратегією України до 2035 р. «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність», від 2017 р. [15], основні положення якої було сформульовано ще в 2006 р. та уточнено в 2013 р., серед основних умов сталого розвитку електроенергетики країни та успішної інтеграції її ОЕС з ОЕС Європейського Союзу розглядається прискорений розвиток відновлюваної енергетики. Серед основних цілей цієї стратегії виділяється екологізація електроенергетики, що планується досягти за рахунок зменшення викидів парникових газів [5, 15].

При цьому гідроенергетиці в структурі вітчизняної відновлюваної електроенергетики виділено одну з ключових ролей [15-17]. Зокрема, в Програмі [1], окрім введення нових потужностей на Дністровській, Ташлицькій ГАЕС, будівництва Канівської ГАЕС, передбачено будівництво Каховської ГЕС-2 (встановленою потужністю 250 МВт), каскаду з шести нових ГЕС на Дністрі (так званого Верхньодністровського каскаду ГЕС, сумарною потужністю 390 МВт) та розвиток малої гідроенергетики.

Однак, як показує світова практика, традиційна гідроенергетика та пов'язане з нею гідротехнічне будівництво здійснюють суттєвий вплив на навколишнє середовище [18, 19]. Зокрема, це визнається в Директивах Євросоюзу [17], де підкреслюється, що хоча гідроенергетика і використовує відновлюваний енергоресурс та сприяє енергозбереженню, вона може мати значний негативний вплив на довкілля, водні екосистеми та екопослуги, як на локальному, так і на басейновому рівні. При цьому різного роду компенсаційні заходи – екологічного та соціального спрямування, що мають впроваджуватися в обов'язковому порядку, не завжди, як показує практика, виявляються ефективними. В значній мірі це стосується і вітчизняної гідроенергетики – як великої, так і малої [6, 18-24].

Серед ключових проблем, що не сприяють сталому розвитку вітчизняної гідроенергетики в контексті раціонального природокористування та екологізації електроенергетики, слід виділити наступні [6, 20-24].

1. Порівняно невеликі запаси гідроенергоресурсів, як в абсолютних, так і відносних показниках. Сумарний ЕЕГЕП річок України, на який орієнтуються вітчизняні гідроенергетики у своїх планах, порівняно з іншими країнами, де він активно освоювався і освоюється, є одним з найнижчих у світі [6, 21]. Наша країна не лише обділена ресурсами гідрогенерації; їх освоєння, через відносно малу «щільність» ресурсу (до площі території), потенційно може пов'язуватися з більшими негативними наслідками.

Так, наприклад, значення питомого ЕЕГЕП річок Закарпатської області, що є найбільшим в країні, по відношенню до площі території області, складає, за даними [25], близько 0,11 млрд кВт·годин/км². Це менше ніж для всієї території Франції – 0,13 млрд кВт·годин/км², майже вдвічі менше ніж

для всієї території Швеції – 0,2 млрд кВт·годин/км², і не йде в ніяке порівняння з показниками Норвегії, Австрії, Швейцарії – 0,47 млрд кВт· годин/км², 0,64 та 0,86 млрд кВт·годин/км², відповідно.

Реальна оцінка ЕЕГЕП, яким володіють вітчизняні річки, можливо, є й гіршою, якщо адекватно врахувати всі соціальні, економічні та екологічні втрати та шкоду від будівництва ГЕС, які, через переважно рівнинний характер, порівняно невеликі перепади висот та відносно малу водність річок, що протікають територією країни, як великі, так і малі, мають у своєму складі водосховища зі значною площею водної поверхні [23]. При цьому саме з водосховищами та регулюванням стоку річок пов'язується більшість негативних впливів гідроенергетики на довкілля [18, 19, 26-28].

2. Висока ресурсоемність вітчизняних ГЕС. За такими показниками, як відношення площі водосховища до встановленої потужності, виробітку електроенергії, напору на ГЕС, які опосередковано можуть вказувати на рівень використання природних (в першу чергу територіальних) ресурсів, більшість вітчизняних ГЕС жодним чином не здатні конкурувати, наприклад, з ГЕС Австрії, Франції, Фінляндії. Так, на 1 МВт встановленої потужності на Каховській ГЕС припадає більше 6 км² площі водосховища [21]. Єдиною ГЕС в країні, яка за цими показниками наближається до аналогічних ГЕС Фінляндії, Австрії і Франції, є лише Дністровська ГЕС-2 (0,15 МВт/км²).

На рис. 1, 2 показано, що існує тісний регресійний зв'язок між встановленою потужністю і виробітком електроенергії і площею водосховищ на вітчизняних ГЕС, на відміну від ГЕС Австрії, Франції, Фінляндії. При цьому, якщо більшість ГЕС Австрії і Франції розташовуються в гірській місцевості, то ГЕС Фінляндії, як і вітчизняні, – на рівнинних ріках.

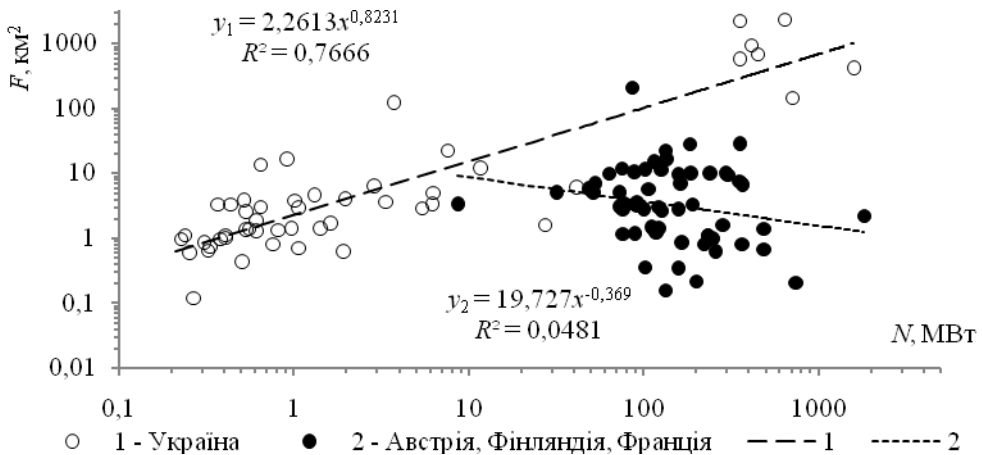


Рисунок 1 – Зв'язок між площею $F, \text{ км}^2$, водосховищ та встановленою потужністю $N, \text{ МВт}$, ГЕС (побудовано за даними [23])

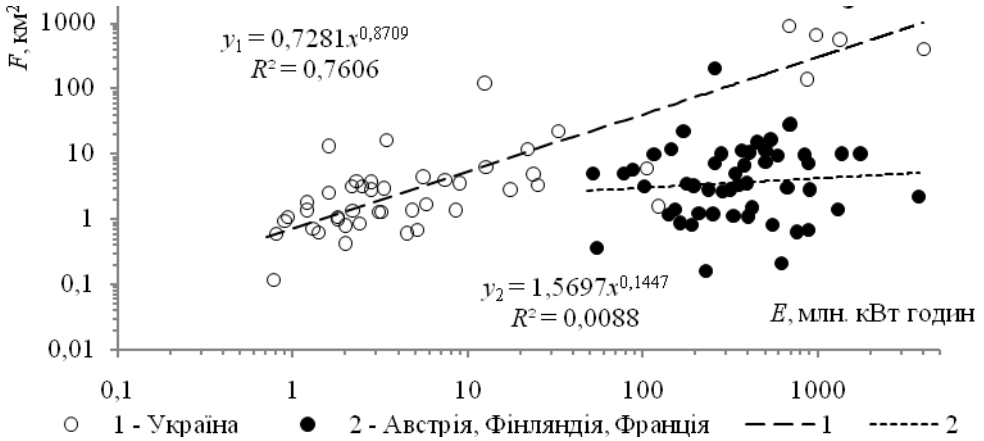


Рисунок 2 – Зв’язок між площею $F, \text{ км}^2$, водосховищ та виробітком електроенергії $E, \text{ млн кВт·годин}$, на ГЕС (побудовано за даними [23])

Таким чином, якщо зв’язку між встановленою потужністю ГЕС Австрії, Франції, Фінляндії і виробітком електроенергії на них та площею водосховищ не існує, то для вітчизняних ГЕС він є досить суттєвим. Опосередковано це може свідчити про відносно більший в порівнянні з цими країнами негативний вплив вітчизняної гідроенергетики на річки і довкілля.

3. Кількість годин використання встановлених потужностей T гідрогенерації в Україні, за даними на 2000 р. [6, 10, 13, 21], була однією з найнижчих в світі і складала всього 2072 годин/рік. В 2015 р. вона навіть знизилася до 1814 годин/рік [1]. Це означає, що вітчизняні ГЕС працюють, переважно, в піковому і напівпіковому режимах і виконують функцію регулятора в ОЕС, тобто ту функцію, яку краще мали б виконувати ГАЕС. У випадку руслових ГЕС, до яких відносяться практично всі вітчизняні станції, такі режими є найбільш шкідливими для природних екосистем річок.

На рис. 3, для ілюстрації проблеми, показано зв’язок між T (годин/рік) та долею гідроенергетики в енергобалансі для різних країн світу. Можна зауважити, що зі збільшенням долі гідроенергетики в енергобалансі існує помітна тенденція до зростання кількості годин використання встановлених потужностей гідрогенерації. Сподіватися на відчутне збільшення в найближчі роки долі гідроенергетики в ОЕС України (до 15%, заявлених в Програмі [1], в 2026 р.) дуже важко, однак, якщо воно все-таки відбуватиметься, то Україна або має кардинально змінити режими роботи вже діючих ГЕС, збільшивши кількість годин використання їх встановленої потужності та виробіток, або взагалі випаде зі загальносвітової тенденції раціонально (більш інтенсивно) використовувати встановлені потужності гідрогенерації.

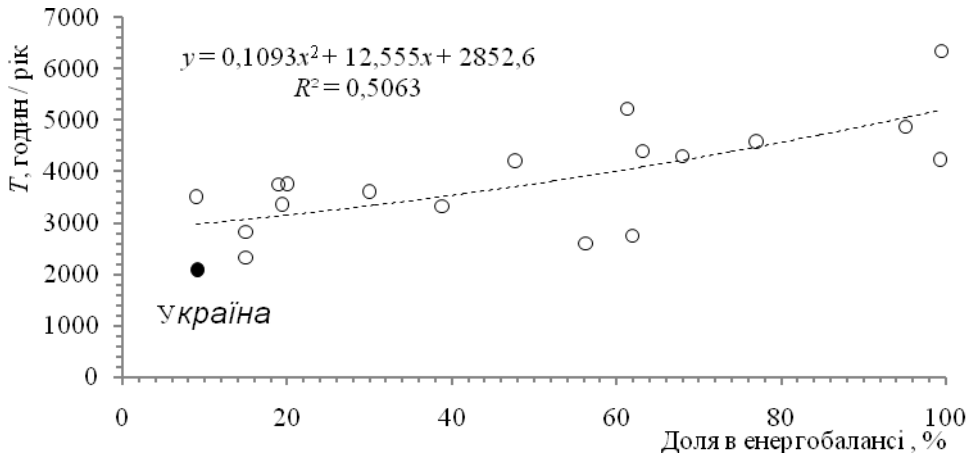


Рисунок 3 – Зв’язок між кількістю годин T використання встановленої потужності гідрогенерації, годин/рік, та долею гідроенергетики в енергобалансі різних країн світу, % (побудовано за даними [21])

Реальні плани вітчизняних гідроенергетиків поки що свідчать про зворотне. Так, згідно із заявленими в Програмі [1] планами будівництва та експлуатації Каховської ГЕС-2 та Верхньодністровського каскаду ГЕС очікується, що кількість годин використання встановлених потужностей в країні на 2026 р. в середньому складатиме біля 1965-1975 годин/рік. Це означає, що про можливі зміни у вітчизняній гідроенергетиці в контексті раціонального природокористування та його екологізації говорити зарано.

Про негативні тенденції у вітчизняній гідроенергетиці може свідчити ще один важливий факт, пов’язаний з використанням встановлених потужностей на ГЕС різного типу – руслових і дериваційних. Більшість малих ГЕС, які в останні роки було побудовано і будуються, особливо в Карпатському регіоні, – дериваційні. При цьому фактична чи планована кількість годин використання встановленої потужності на них нерідко перевищує 4000-5000 годин/рік. Якщо у випадку руслової ГЕС велика кількість годин використання встановленої потужності протягом року може, в цілому, розглядатися як позитивний для довкілля фактор, то у випадку дериваційної ГЕС, тим більше на гірській річці – навпаки, як негативний. Відбір води в деривацію, чи то в тунель, чи в «трубу», чи в канал – це завжди забір води з живого русла в мертво русло.

Дуже показовими в цьому відношенні можуть бути дані, які наведено на рис. 4. Якщо для ГЕС Австрії, Фінляндії та Франції, незалежно від типу, існує помітний регресійний зв’язок між кількістю годин T , годин/рік, використання встановленої потужності та напором H , м (за одних і тих же умов дериваційні ГЕС, зазвичай, мають більший розрахунковий напір, ніж руслові), то для вітчизняних ГЕС він повністю відсутній.

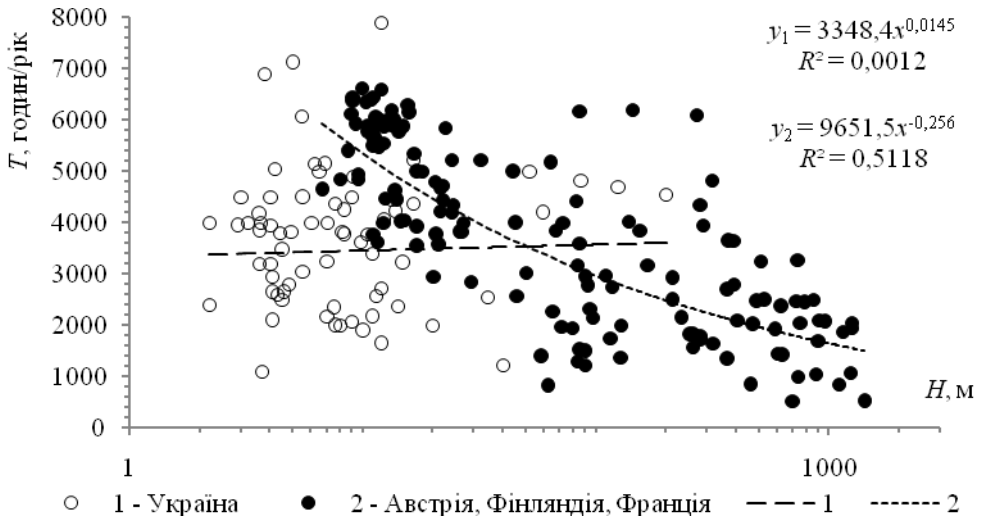


Рисунок 4 – Зв'язок між кількістю годин T використання встановленої потужності ГЕС, годин/рік, та розрахунковим напором H , м (побудовано за даними [8, 10, 11, 23, 29])

Можна зробити висновок, що для вітчизняних руслових ГЕС, потужність і виробіток електроенергії на яких в значній мірі залежать від витрат води, основні соціально-екологічні проблеми можуть пов'язуватися з регулюванням стоку і його надмірним затримуванням водосховищами. Відповідно, негативні наслідки впливу на довкілля, зокрема на нижні б'єфи ГЕС руслового типу, можуть суттєво зменшитися при збільшенні кількості годин використання встановленої потужності, відповідно, – за рахунок більш інтенсивного водообміну між верхніми і нижніми б'єфами й забезпечення більш рівномірних витрат води в нижніх б'єфах при попусках з водосховищ.

Для дериваційних ГЕС, потужність і виробіток електроенергії на яких в значній мірі залежить від напору, який створюється деривацією, основні соціально-екологічні проблеми можуть пов'язуватися з надмірним відбором водного ресурсу з певної ділянки русла ріки й перекиданням його на іншу ділянку. Тому збільшення кількості годин використання встановленої потужності для ГЕС дериваційного типу, на відміну від руслових, вже може свідчити про зворотне – про збільшення негативного соціально-екологічного впливу ГЕС на довкілля. Щоб його зменшити, слід, відповідно, зменшити кількість годин використання встановленої потужності ГЕС, тобто – об'єми відбору води з річкового русла в деривацію.

Висновки

Єдиним реальним шляхом зменшення негативного впливу вітчизняних ГЕС на довкілля, як великих, так і малих, більшість з яких розміщуються у складі гідровузлів з великими водосховищами на рівнинних ріках, є поступове зниження їх ролі в регулюванні потужності у складі ОЕС країни. Безперечно, що будівництво ГАЕС сприятиме цьому. Наявність достатньої потужності ГАЕС в ОЕС сприятиме і подальшому розвитку альтернативних видів

відновлюваної енергетики (вітрової, сонячної) в країні, що уможливить здорову конкуренцію в галузі електроенергетики в цілому.

Окремо слід зазначити, що порівняно низькі запаси природного ББГЕП в країні не є перешкодою для розвитку гідроакумуляції. Гідропотенціал для гідроакумуляції може бути створений і штучно. Так, серед шляхів подальшого розвитку гідроакумуляції, окрім традиційних схем використання ГАЕС у складі ОЕС та звичних для нашої країни ГАЕС великої потужності при водосховищах, можуть розглядатися схеми гідроакумуляції енергії морських вод, використання в якості низових басейнів ГАЕС виведених з експлуатації шахт і кар'єрів, схеми спільної роботи малопотужних (малих) ГАЕС з вітровими і сонячними електростанціями в децентралізованих енергосистемах, в тому числі міні і мікро ГАЕС в системах водопостачання, іригації тощо [3, 7, 30]. На вартість основних гідроспород ГАЕС та їх енергетичні характеристики в меншій мірі, ніж на вартість гідроспород та енергетичні характеристики ГЕС, можуть впливати природні умови, зокрема гідрологічні. Гідроакумуляція забезпечує значно більшу незалежність роботи електростанції від відновлюваного енергоресурсу в порівнянні з ГЕС. При будівництві ГАЕС, на відміну від ГЕС, не потребується створення великих водосховищ для регулювання стоку із затопленням значних територій цінних земельних угідь, перенесенням великої кількості населених пунктів тощо. Характерно, що й питома вартість одиниці встановленої потужності на ГАЕС зазвичай виявляється меншою, ніж на ГЕС тієї ж потужності [14]. Єдине, що реально стримує розвиток гідроакумуляції в країні – це не ринкові, занижені ціни на електроенергію, яку виробляють регулятори в ОЕС [6].

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Програма розвитку гідроенергетики на період до 2026 року. Схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 13 липня 2016 р. № 552-р. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/552-2016-%D1%80#n7>.
2. Развитие теплоэнергетики та гідроенергетики. Є.Т. Базеев, Б.Д. Білека, Є.П. Васильев та ін.; Наук. ред.: В.М. Клименко, Ю.О. Ландау, І.Я. Сігал. 2013. – 399 с. URL: <http://energetika.in.ua/ua/books/book-3/part-2/section-2/2-8>.
3. Vennerman P., Gruber K.H., Naaheim J.U. and al. Pumped storage plants – Status and perspectives. VGB Power Tech. 2011. No.4. P. 32-38.
4. Родионов В.Г. Оптимизация структуры генерирующих мощностей. Аккумуляторы – накопители энергии. *Энергетика: проблемы настоящего и возможности будущего*. Москва: ЭНАС. 2010. С. 68-69.
5. Кудря С.О. Відновлювана енергетика: енергоефективність, економіка, екологія. Відновлювана енергетика та енергоефективність у XXI столітті. Матеріали XIX міжнародної науково-практичної конференції. Київ, 26-28 вересня 2018. С. 19-24.
6. Стефанишин Д.В. Деякі критичні зауваження та пропозиції щодо підтримки сталого розвитку гідроенергетики в Україні. *Гідроенергетика України*. 2018. №1-2. С. 6-12.
7. Rastler et al. Electric Energy Storage Technology Options: A White Paper Primer on Applications, Costs, and Benefits. EPRI, Palo Alto, CA, 2010. Accessed: 30 Sept. 2011. URL: <http://www.epri.com/abstracts/Pages/ProductAbstract.aspx?ProductId=00000000001020676>.
8. International Energy Statistics. URL: <http://www.eia.gov>.

9. List of pumped-storage hydroelectric power stations. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_pumped-storage_hydroelectric_power_stations.
10. Bartle A. Hydropower potential and development activities. *Energy Policy*. 2002. Vol. 30. Issue 14. P.P. 1231-1239.
11. *Hydropower and Dams. 2001*. World Atlas and Industry Guide. Aqua-Media Int., UK.
12. Поташник С.И. Каскад Среднеднепровских ГЭС: Опыт освоения и эксплуатации. Москва : Энергоатомиздат, 1986. 144 с.
13. Стефанишин Д.В. Про перспективи гідроенергетики в Україні та вибір варіанту розвитку Дніпровського каскаду з врахуванням ризику. *Гідроенергетика України*. 2010. №3. С. 5-11.
14. Стефанишин Д.В. Врахування ризику невикористаних можливостей при обґрунтуванні оптимального сценарію введення нових агрегатів на гідроакмулюючих електростанціях в Україні. Системні дослідження та інформаційні технології. 2017. №4. С. 7-19.
15. Про схвалення Енергетичної стратегії України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність». Розпорядження КМУ від 18 серпня 2017 р. № 605-р. URL: [http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/605-2017-%D1%80/paran2#n2](http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/605-2017-%D1%80%80-paran2#n2).
16. Сучасний стан, проблеми та перспективи розвитку гідроелектроенергетики України. Аналітична доповідь. За ред. О.М. Суходолі. Київ : Національний інститут стратегічних досліджень при Президентові України. 2014 р. 54 с. URL: <http://www.niss.gov.ua/content/articles/files/GES-993ae.pdf>.
17. До 2020 року в Україні 11% енергії вироблятиметься з відновлюваних джерел. URL: <http://ecotown.com.ua/news/Do-2020-roku-v-Ukrayini-11-enerhiyi-vyroblyatymetsya-z-vidnovlyuvanykh-dzherel/>.
18. Векслер А.Б., Ивашинцов Д.А., Стефанишин Д.В. Надежность, социальная и экологическая безопасность гидротехнических объектов: оценка риска и принятие решений. Санкт-Петербург : ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева. 2002. 591 с.
19. Гидроэнергетика и окружающая среда / Под общ. ред. Ю. Ландау и Л.А. Сиренко. Киев: Либра, 2004. 484 с.
20. Стефанишин Д.В. Про перспективи розвитку вітчизняної гідроенергетики в контексті планів будівництва каскаду гідроелектростанцій у Дністровському каньйоні. *Екологічна безпека та природокористування*. Зб. наук. праць. Вип. 23 (№ 1-2). Київ : ІТГП НАНУ, КНУБА. 2017. С. 5-19.
21. Stefanyshyn D. On peculiarities of hydropower development in the world and in Ukraine. *Екологічна безпека та природокористування*. Зб. наук. праць. Вип. 25 (№ 1). Київ : КНУБА, ІТГП НАНУ. 2018. С. 12-23.
22. Власюк Ю.С., Стефанишин Д.В. Про проблеми та перспективи малої гідроенергетики в Україні. Математичне моделювання в економіці. 2018. №1 (10). С. 126-138.
23. Стефанишин Д.В., Власюк Ю.С. До питання порівняльного аналізу водноенергетичних характеристик малих і великих гідроелектростанцій України у складі гідровузлів з водосховищами. *Математичне моделювання в економіці*. 2018. №2 (11). С. 71-83.
24. Стефанишин Д.В. Проблеми і перспективи розвитку гідроенергетики в Україні. Відновлювана енергетика та енергоефективність у XXI столітті. Матеріали XIX міжнародної науково-практичної конференції. Київ, 26-28 вересня 2018. С. 479-482.
25. Атлас енергетичного потенціалу відновлюваних та нетрадиційних джерел енергії. НАН України, Інститут електродинаміки. Державний комітет України з енергозбереження. Київ : 2001. URL: http://www.intelcenter.com.ua/rus/library/atlas_alten_UA.htm.
26. Васильев Ю.С. Влияние плотин и водохранилищ на окружающую среду. Под ред. А.А. Борового. Москва : Энергоиздат, 1982. 345 с.

27. Авакян А.Б., Салтанкин В.П., Шарапов В.А. Водохранилища. Москва : Мысль, 1987. 325 с.
28. Environmental experience gained from reservoirs in operation. Trans. of the 18-th Int. Congress on Large Dams. Vol. 2. Q.69. Durban – South Africa, November, 1994. 780 p.
29. Група енергетичних компаній «RENER». URL: <http://rener.com.ua>.
30. Бріль А.О., Васько П.Ф., Мороз А.В., Пазич С.Т. Передумови створення морської гідроакумулювальної електростанції для відновлюваних джерел енергії на Азово-Чорноморському узбережжі України. Відновлювана енергетика та енергоефективність у ХХІ столітті. Матеріали ХІХ міжнародної науково-практичної конференції. Київ, 26-28 вересня 2018. С. 491-494.

Стаття надійшла до редакції 18.08.2018.