

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет магістерської
підготовки
Кафедра екологічного права і
контролю

Магістерська кваліфікаційна робота

на тему: „Наслідки діяльності гідроенергетики на стан довкілля”

Виконала студентка 2 курсу групи
МЕК-18
спеціальності 101 «Екологія»
спеціалізація «Екологічний контроль та
аудит»
Шеремета Віталія Олександрівна
Керівник роботи к.геогр.н., доц.
Сапко Ольга Юріївна
Рецензент к.т.н., доц.
Юрасов Сергій Миколайович

АНОТАЦІЯ

Наслідки діяльності гідроенергетики на стан довкілля.

Шеремета Віталія Олександрівна.

Метою дослідження є аналіз впливу на навколишнє середовище гідроенергетики, як позитивного так і негативного, визначення основних факторів та наслідків такого впливу, а також шляхів його зменшення. Основним завданням роботи є розглянути принцип роботи та вплив на навколишнє середовище гідроелектростанцій.

Об'єктом дослідження є принцип роботи гідроелектростанцій. Предметом дослідження є вплив гідроенергетики на навколишнє середовище.

Методом дослідження є систематизація наявної інформації про роботу та установку гідроелектростанцій, вплив на навколишнє середовище під час будівництва та експлуатації, оцінка наслідків гідроенергетики та шлях їх зменшення.

Робота складається зі вступу, 3-х розділів, висновків та переліку посилань з 27 джерел. Загальний обсяг роботи складає 67 сторінок, у тому числі 1 таблиця та 6 рисунків.

Ключові слова: гідроенергетика, гідроелектростанція, екологічний стан, вплив на навколишнє середовище, забруднення.

SUMMARY

Environmental implications of hydropower activities.

Sheremeta Vitaliy Alexandrovna.

The purpose of the study is to analyze the environmental impact of hydropower, both positive and negative, to identify the main factors and consequences of such impact, as well as ways to reduce it. The main task of the work is to consider the principle of operation and environmental impact of hydroelectric power plants.

The object of the study is the principle of operation of hydropower plants. The subject of the study is the impact of hydropower on the environment.

The research method is to systematize the available information on the operation and installation of hydroelectric power plants, the environmental impact during construction and operation, to evaluate the effects of hydropower and how to reduce them.

The work consists of an introduction, 3 sections, conclusions and a list of references from 27 sources. The total amount of work is made by the 67 parties.

Keywords: hydropower, hydroelectric power station, ecological status, environmental impact, pollution.

ЗМІСТ

| | |
|--|----|
| СПИСОК СКОРОЧЕНЬ..... | 7 |
| ВСТУП | 8 |
| 1 ХАРАКТЕРИСТИКА СУЧАСНОГО СТАНУ ГІДРОЕНЕРГЕТИКИ УКРАЇНИ | 10 |
| 1.1 Загальні відомості про роботу ГЕС | 16 |
| 1.2 Проблеми гідроенергетики..... | 25 |
| 1.3 Перспективи розвитку гідроенергетики в Україні | 34 |
| 2 ФАКТОРИ ВПЛИВУ ГІДРОЕНЕРГЕТИКИ НА ДОВКІЛЛЯ | 40 |
| 2.1 Вплив ГЕС під час будівництва..... | 41 |
| 2.2 Вплив ГЕС під час експлуатації | 47 |
| 2.3 Аварії на ГЕС та їх наслідки..... | 50 |
| 3 ЗАХОДИ ЩОДО ЗМЕНШЕННЯ НЕГАТИВНОГО ВПЛИВУ ГЕС НА ДОВКІЛЛЯ..... | 54 |
| ВИСНОВКИ..... | 63 |
| ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ | 66 |

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ

ГЕС – Гідроелектростанція

ГАЕС – Гідроакумлювальна електростанція

ТЕС – Теплова електростанція

АЕС – Атомна електростанція

ЛЕП – Лінія електропередач

ОЕС – Об'єднана енергетична система

МГЕС – Малі гідроелектростанція

ТЕЦ – Теплоелектроцентрально

США – Сполучені Штати Америки

МВФ – Міжнародний валютний фонд

ЄС – Європейський союз

СЕС – Сонячна електростанція

ВЕС – Вітряна електростанція

НАЕК – Національна атомна енергогенеруюча компанія

ПАТ – Публічне акціонерне товариство

ЄС – Європейський союз

ВАТ – Відкрите акціонерне товариство

НКРЕ – Національна комісія, що здійснює державне регулювання у сфері енергетики

НБУ – Національний банк України

ЧКУ – Червона книга України

НПС – Навколишнє природне середовище

ВСТУП

На сьогоднішній день існують різні види отримання електроенергії, вони розрізняються використанням різних видів сировини. Існують джерела енергії, що відновляються і що не відновляються. Зацікавленість у використанні відновлюваних джерел енергії – вітру, сонця, морського припливу й річкової води, – зрозуміло, немає потреби закуповувати дороге паливо, є можливість використовувати невеликі станції для забезпечення електроенергією важкодоступних районів.

В умовах неухильного зростання у світі електроспоживання та водоспоживання зростає роль гідроенергетики, яка використовує відновлювальні екологічно чисті гідроенергетичні ресурси. Не дивлячись на те, що навіть освоєння усього економічно ефективного гідроенергетичного потенціалу може покрити лише частину прогнозованого зростання потреби в електроенергії, саме гідроенергетичні об'єкти, замінюючи частину теплових електростанцій, дозволять значно зменшити викиди забруднюючих речовин у навколишнє середовище. Одночасно ГЕС комплексно вирішують проблеми водопостачання, зрошування, захисту від повеней та ін.

ГЕС й ГАЕС, у порівнянні з іншими об'єктами електроенергетики, забезпечують найефективніший процес одержання електроенергії при найнижчих експлуатаційних витратах й найтривалішому терміні експлуатації. Враховуючи старіння з часом споруд та обладнання, важливого значення набуває реконструкція існуючих ГЕС й ГАЕС, спрямована на подальше удосконалення технологічного процесу на основі сучасних технологій, підвищення їх потужності й виробітку, забезпечення сучасних вимог щодо безпеки гідротехнічних споруд та екологічної безпеки, продовження терміну служби.

Гідроелектростанції у енергетичній системі ефективно використовуються для зняття максимальних (пікових) навантажень і

здешевлюють енергію. На них добре впроваджується автоматизація й телекерування, що підвищує їх надійність і дозволяє зменшити штат обслуговуючого персоналу. Затоплюючи водосховищами вузькі, порожисті ділянки рік, ГЕС у цілому покращують умови роботи річкового транспорту. Разом з тим тривалий період будівництва й експлуатації ГЕС у світі свідчить, що вони теж не позбавлені, на жаль, недоліків, а твердження енергетиків про низьку вартість електроенергії, виробленої на ГЕС, нині вважаються сумнівними. Один з основних – нерівномірність природного стоку річок. Він може бути подоланий шляхом створення водосховищ, які регулюють стік, але створення водосховищ тягне за собою ряд негативних для навколишнього середовища наслідків.

У наш час ГЕС виробляють близько 20 % електроенергії у світі. Деякі країни з гірським рельєфом і швидкими річками (Норвегія, Таджикистан, Киргизстан) свої потреби в електроенергії задовольняють переважно за рахунок ГЕС.

Метою дослідження є аналіз впливу на навколишнє середовище гідроенергетики, як позитивного так і негативного, визначення основних факторів та наслідків такого впливу, а також шляхів його зменшення. Основним завданням роботи є розглянути принцип роботи та вплив на навколишнє середовище гідроелектростанцій.

Об'єктом дослідження є принцип роботи гідроелектростанцій. Предметом дослідження є вплив гідроенергетики на навколишнє середовище.

Методом дослідження є систематизація наявної інформації про роботу та установку гідроелектростанцій, вплив на навколишнє середовище під час будівництва та експлуатації, оцінка наслідків гідроенергетики та шлях їх зменшення.

1 ХАРАКТЕРИСТИКА СУЧАСНОГО СТАНУ ГІДРОЕНЕРГЕТИКИ УКРАЇНИ

Початком гідроенергетики України можна вважати спорудження найбільшої в Європі Дніпровської ГЕС, потужністю 560 МВт (1927 р. – початок будівництва, 1932 р. – введена в експлуатацію). До складу споруди входили будівлі ГЕС з дев'ятьма агрегатами [1].

Через велику потребу в енергії, в процесі розвитку енергетики були переважно збудовані потужні ГЕС. З ГЕС середньої потужності була споруджена лише Теремле-Рікська (27 МВт, 1955 р.) – нестандартна та цікава ГЕС, де в основі роботи лежить перекидання стоку з р.Теребля в р.Ріку. Тут використовується різниця наявних природних рівнів рік Теребля і Ріки, складова 200 м в тому місці, де ці ріки зближаються на відстані 3,5 км [2].

У період з 1955 р. почалось освоєння гідропотенціалу р. Дніпро – спорудження ГЕС Дніпровського каскаду. Узагальнені енергетичні показники ГЕС наведені в табл. 1.1, а їх розміщення на рис. 1.1 [1].

Загальний гідроенергетичний потенціал України складає понад 44 млрд кВт·год (у тому числі малих ГЕС приблизно 3,0 млрд кВт·год), але враховуючи рівень розвитку країни та стан НПС, економічно ефективний потенціал становить близько 17,5 млрд кВт·год, з них уже використовується близько 11 млрд кВт·год (більше 60 %). Таким чином, невикористаний ефективний потенціал становить близько 6,5 млрд кВт·год [3].

Таблиця 1.1 – Узагальнені енергетичні показники ГЕС[1]

| Гідроелектростанції | Потужність на 01.06.00, МВт | Потужність гідроагрегатів, шт.*МВт | Виробництво електроенергії, млн. кВт*год | Максимальний напір, м | Об'єм водосховища, км ³ | Нормальний рівень резервуару, м | Характер регулювання стоку |
|-----------------------|-----------------------------|-------------------------------------|--|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------|----------------------------|
| Київська ГЕС | 361,2 | 4x16,3 16x18,5 | 635 | 12,0 | 1,175 | 103,0 | сезонне обмеження |
| Київська ГАЕС | 235,5 | 3x37 3x41,5 | 112 | 73,1 | 0,0037 | 174,6 | денне |
| Канівська ГЕС | 444 | 24x18,5 | 829 | 15,7 | 0,29 | 91,5 | денне/тижневе |
| Канівська ГЕС | 444 | 24x18,5 | 829 | 15,7 | 0,29 | 91,5 | денне/тижневе |
| Кременчуцька ГЕС | 625 | 12x32 | 1506 | 17,0 | 8,97 | 81,0 | ранкове |
| Дніпродзержинська ГЕС | 352 | 8x44 | 1250 | 15,5 | 0,5 | 64,0 | денне/тижневе |
| Дніпровська ГЕС | 1538,2 | 9x72 1x2,6 2x104,5 6x113,1 | 4140 | 38,7 | 0,865 | 54,4 | денне/тижневе |

| | | | | | | | |
|------------------|-----|--------|------|------|------|-------|--|
| Каховська ГЕС | 351 | 6x58,5 | 1420 | 16,5 | 6,78 | 16,0 | ранкове |
| Дністровська ГЕС | 702 | 6x117 | 800 | 53,4 | 2,0 | 121,0 | ранкове з переходом на тривалий режим |

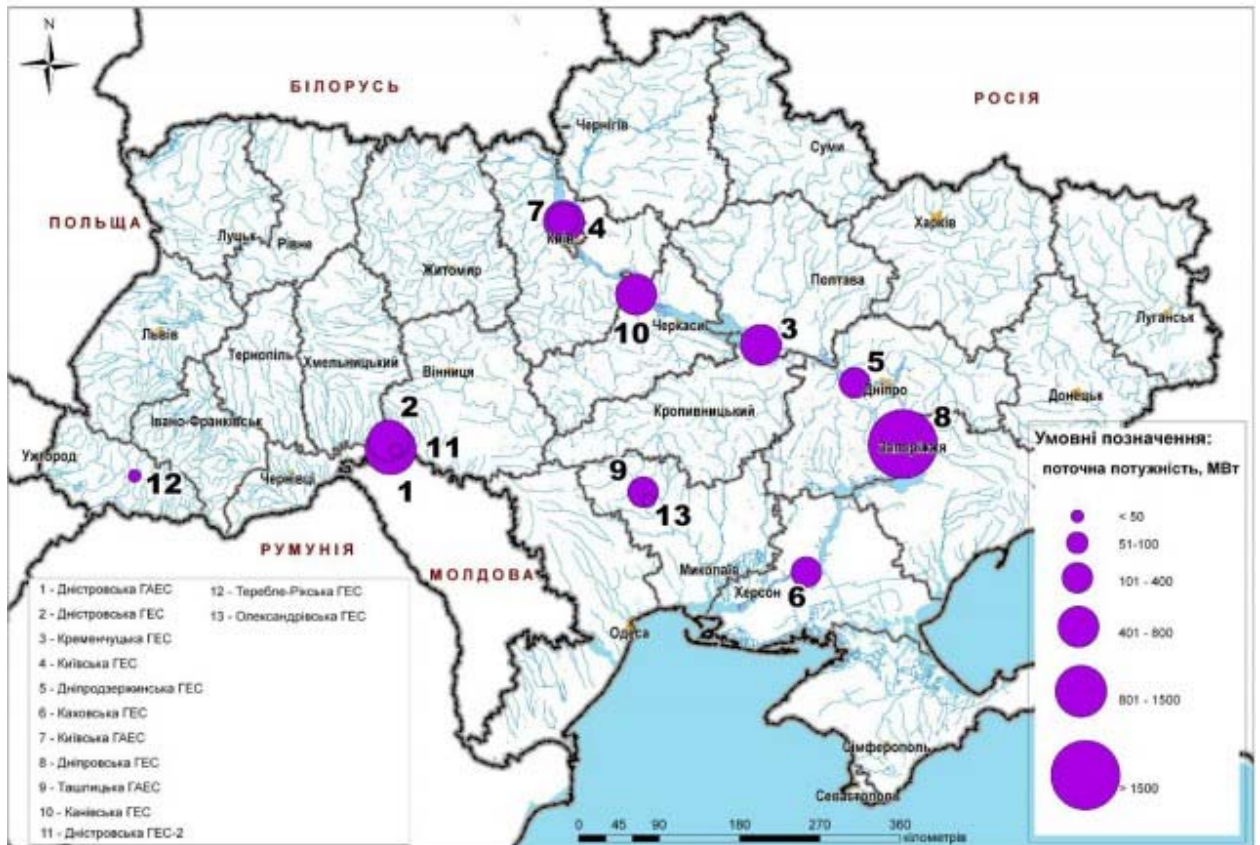


Рис. 1.1 – Карта розміщення ГЕС [1].

Потужність ГЕС в загальному балансі ОЕС України становить приблизно 11 %. Станції з потужністю більше 10 МВт розташовані на річках Дніпро (3940 МВт), Дністер (744 МВт), Теречля (27 МВт), Південний Буг (11 МВт). Також в Україні є 3 робочих ГАЕС: Київська (235 МВт), перші черги Ташликської (302 МВт) та Дністровської (648 МВт) станцій. Передбачено досягти обсягу загальної потужності ГАЕС на рівні 4074 МВт, для повного задоволення потреб в енергії під час пікових навантажень, для регулювання частоти і потужності, мобільний аварійний резерв в об'єднаній енергосистемі України [1].

Також в Україні набували популярності МГЕС розпочинаючи лише на початку нового тисячоліття. Особливо сприяє даній тенденції впровадження в Україні «зеленого тарифу». Рентабельність генерації і досить швидка окупність проектів (близько 5 – 7 років) зацікавила приватного інвестора. Станом на кінець 2011 р. в Україні працює близько 70 МГЕС загальною

потужністю 72 МВт, які виробляють від 275 до 400 млн кВт-год. електроенергії на рік (рис. 1.2) [1].



Рис. 1.2 – Карта розміщення малих ГЕС [1].

У 20–30-ті роки почався масовий розвиток малої гідроенергетики. Так, в 1924 р. в Україні експлуатувалось 84 МГЕС, сумарної потужністю близько 4000 кВт, середньої потужності 47,6 кВт. В 1929 р. Їх кількість збільшилась аж до 150, сумарної потужності 8400 кВт, середньої потужності 56 кВт [1].

У 1950 р. за даними "Укргідропроєкт" в Україні експлуатувалось 956 МГЕС, але потім їх будівництво було призупинене [1].

З розвитком потужного гідроенергобудівництва, спорудженням великих ТЕС, зростанням централізації енергопостачання, а також низькими цінами на паливо і електроенергію у відомств та підприємств, на балансі яких знаходились МГЕС, інтерес до них зник, почалась їх консервація та стихійний демонтаж. Значною мірою втрачено досвід проектування,

виробництва обладнання та спорудження. Сотні МГЕС були закинуті і поступово руйнувались, зносилося основне обладнання, колись споруджені греблі або зруйновані, або знаходяться в аварійному стані.

Станом на початок 2015 р. в Україні працює 105 МГЕС загальною потужністю біля 82 МВт із середньорічним обсягом виробництва електроенергії біля 250 млн кВт*год/рік. Найбільше станцій введено в експлуатацію у Вінницькій області, де загальна потужність складає 22,45 МВт. Наступними за величиною встановленої потужності є Кіровоградська, Тернопільська та Закарпатська області [1].

Класифікація МГЕС за величиною потужності наступна [2]:

- мікрогідроелектростанції – потужність станції не перевищує 200 кВт;
- міні гідроелектростанції – потужність станції становить більше 200 кВт, але не перевищує 1 МВт;
- малі гідроелектростанції – потужність станції становить більше 1 МВт, але не перевищує 10 МВт.

Потенційні можливості малої гідроенергетики України на період до 2030 р. оцінені в Енергетичній стратегії на рівні 1140 МВт потужності з річним обсягом виробництва електроенергії 3,34 млрд кВт·год/рік, що дозволить отримати економію органічного палива в обсягах, еквівалентних 1,5 млн т у.п./рік, або 1,3 млрд м³ природного газу. Обсяг інвестицій у малу гідроенергетику оцінюється на рівні 2 млрд €. Найбільший потенціал зосереджений у Закарпатській, Львівській, Івано-Франківській, Чернівецькій, Житомирській, Полтавській областях. На сьогодні існують плани державних адміністрацій Карпатського регіону України щодо будівництва малих ГЕС на ділянці верхнього Дністра, низьконапірних та дериваційних високонапірних станцій у верхів'ях Тиси та її притоках[1].

1.1 Загальні відомості про роботу ГЕС

Принцип роботи будь-якої ГЕС залишається в цілому досить простим, і всюди майже повністю однаковим. Напір води, спрямований на лопаті гідротурбіни (рис. 1.3), призводить її в обертання, а гідротурбіна в свою чергу, будучи з'єднана з генератором, обертає генератор. Генератор виробляє електроенергію, яка і подається на трансформаторну станцію, а потім і на ЛЕП (рис. 1.4).

У машинному залі ГЕС встановлені гідроагрегати, які перетворюють енергію потоку води в енергію електричну, а безпосередньо в будівлі ГЕС розташовуються всі необхідні розподільні пристрої, а також пристрої управління і контролю роботи ГЕС.

Залежно від натиску води, в ГЕС застосовуються різні види турбін. Для високонапірних турбін – ковшові радіально-осьові турбіни з металевими спіральними камерами. На середньонапірних ГЕС встановлюються поворотно-лопатеві і радіально-осьові турбіни, на низьконапірних – поворотно-лопаткові турбіни в залізобетонних камерах. Принцип роботи всіх видів турбін схожий - вода, що знаходиться під тиском (напір води) надходить на лопаті турбіни, які починають обертатися. Механічна енергія, таким чином, передається на гідрогенератор, який і виробляє електроенергію. Турбіни відрізняються деякими технічними характеристиками, а також камерами - сталевими або залізобетонними, і розраховані на різний натиск води.

Потужність ГЕС залежить від кількості і від напору води, що проходить через турбіни. Безпосередньо натиск виходить завдяки направленому руху потоку води.

На ГЕС частина енергії йде на гідравлічні втрати при русі води в її проточному тракті.

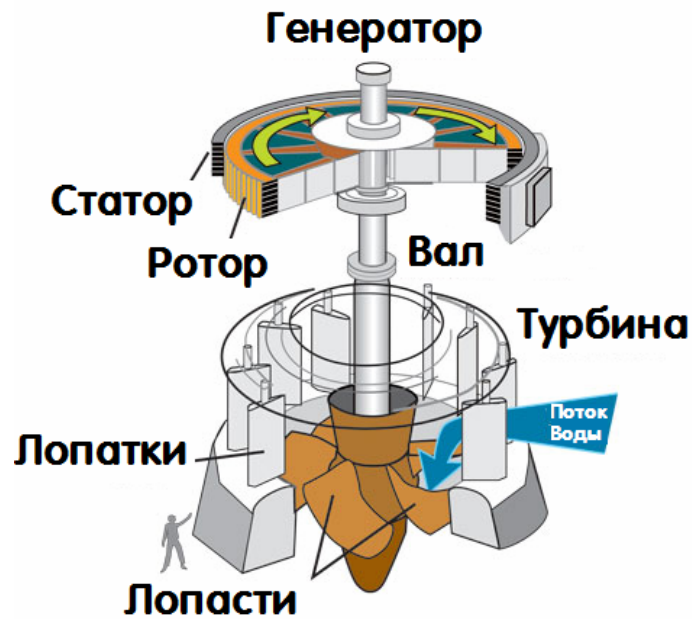


Рис. 1.3 – Структура гідротурбіни[3].

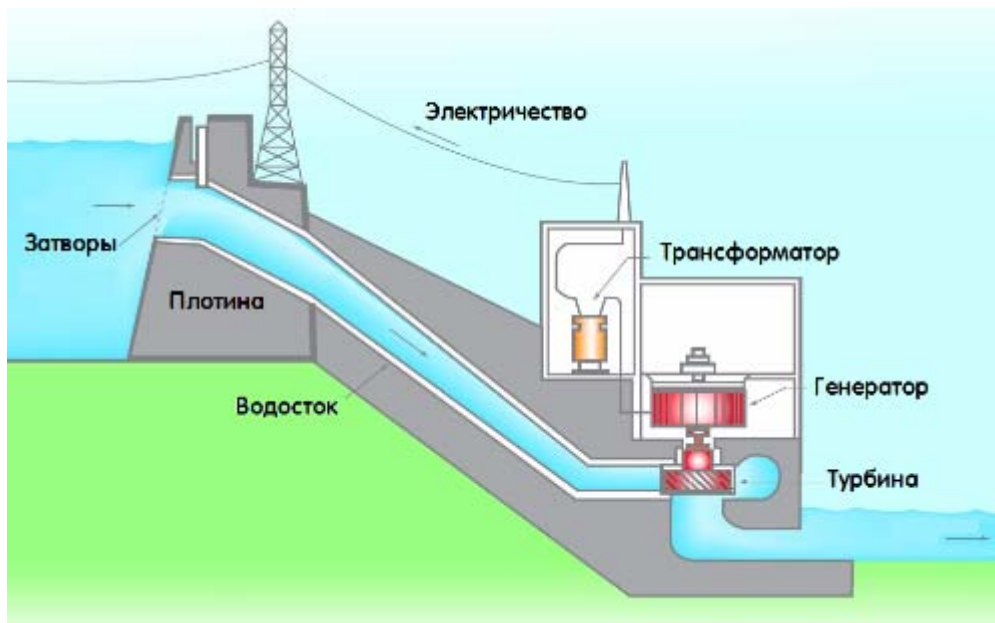


Рис. 1.4 – Будова ГЕС[3].

Водосховища ГЕС або природні водойми (озера), здійснюючи регулювання сильно змінюваних у річці витрат (багаторічних, сезонних, тижневих, добових), дозволяють найбільш ефективно використовувати установлену потужність ГЕС із підвищенням кількості вироблюваної електроенергії або забезпеченням роботи ГЕС у піковій зоні добового графіка навантажень енергосистеми.

На підставі розрахунків забезпеченості середньодобових потужностей за багаторічним рядом з урахуванням регулювання знаходяться потужність заданої розрахункової забезпеченості, яка для ГЕС зазвичай становить 90 – 95 %, і відповідне їй добове вироблення електроенергії. У результаті розміщення цього вироблення електроенергії у певній зоні розрахункового добового графіка навантажень енергосистеми (у піковій або напівпіковій зоні) визначається гарантована потужність. Установлена потужність ГЕС завжди значно вища гарантованої, що дозволяє більш повно використовувати енергію водотоку [4].

Річний виробіток електроенергії ГЕС не є постійним, змінюючись залежно від обсягу стоку й ступеня його регулювання. При цьому при багаторічному регулюванні нерівномірність вироблення електроенергії по роках буде зменшуватися.

Втрати напору на ГЕС орієнтовно можуть становити 1 – 5 %, причому вони менші при гребельній схемі й безнапірній деривації та збільшуються при напірній деривації.

Коефіцієнт корисної дії гідросилового устаткування (гідроагрегата) орієнтовно може скласти 90 – 94 % залежно від типу та характеристик турбіни й генератора. У цілому на ГЕС потенційна енергія водотоку перетворюється в електричну з високим к.к.д. на рівні 86 – 93 %[3].

Режим експлуатації ГЕС в енергосистемах характеризується роботою з повною потужністю безупинно протягом доби зазвичай лише у період паводків, а в інші сезони року ГЕС працює у режимі покриття пікової частини графіку навантажень у середньому 3 – 5 год/добу, у режимі покриття напівпікової частини – 5 – 15 год/добу, а також використовується в якості аварійного й частотного резервів. При необхідності забезпечення постійних санітарно-екологічних та інших попусків частина агрегатів ГЕС працює безупинно[2].

ГЕС поділяються залежно від вироблюваної потужності[2]:

- потужні - виробляють від 25 МВт і вище;

- середні – до 25 МВт;
- малі гідроелектростанції – до 5 МВт (в деяких країнах (в тому числі й Україні) малими визнаються ГЕС із потужністю до 10 МВт).

Потужність ГЕС залежить від напору і витрати води, а також від ККД використовуваних турбін і генераторів. Через те, що за природними законами рівень води постійно змінюється, в залежності від сезону, а також ще по ряду причин, в якості вираження потужності ГЕС прийнято брати циклічну потужність. Приміром, розрізняють річний, місячний, тижневий або добовий цикли роботи ГЕС.

ГЕС також діляться в залежності від максимального використання напору води[2]:

- високонапірні – понад 60 м;
- середньонапірні – від 25 м;
- низьконапірні – від 3 до 25 м.

ГЕС також поділяються залежно від принципу використання природних ресурсів, і, відповідно, що утворюється концентрації води (рис. 1.5). Тут можна виділити наступні ГЕС [2]:

- гребельна схема;
- дериваційна схема;
- комбінована схема;
- гідроакumuлюючі електростанції.

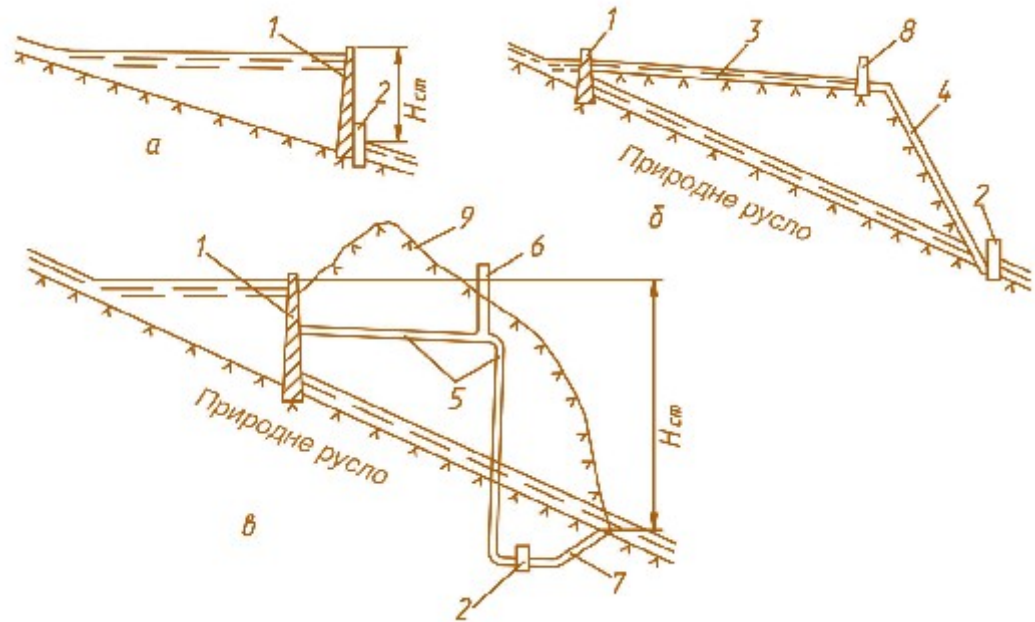


Рис. 1.5 – Принципові схеми ГЕС[2]:

а – гребельна; б – дериваційна; в – комбінована; 1 – гребля; 2 – будинок ГЕС; 3 – дериваційний канал; 4 – напірний трубопровід; 5 – напірний тунель; 6 – зрівнювальний резервуар; 7 – відвідний тунель; 8 – водоприймач; 9 – природна поверхня берегового схилу.

Гребельна схема характеризується тим, що напір на ГЕС створюється за рахунок підпору рівня ріки греблею з утворенням водоймища, яке також використовується для регулювання стоку (добового, тижневого, сезонного, багаторічного) з метою забезпечення необхідного режиму роботи ГЕС. За рахунок регулювання стоку забезпечується збільшення встановленої та гарантованої потужності ГЕС, кількості вироблюваної електроенергії та економічної ефективності ГЕС. На більшості ГЕС, що знаходяться в експлуатації, у тому числі самих потужних, використана гребельна схема. Така схема застосовується в рівнинних і гірських умовах. При цьому напори на ГЕС залежать від висоти гребель і досягають, наприклад, 280 м на Нурекській ГЕС (Таджикистан) потужністю 2,7 млн. кВт, побудованій в гірських умовах. На ГЕС Ітайпу (Бразилія – Парагвай) потужністю 12,6 млн. кВт висота греблі дорівнює 196 м[5].

На великих ГЕС у рівнинних умовах напір менше, наприклад на Дністровській ГЕС (Україна) потужністю 0.7 млн. кВт напір дорівнює 54 м, а на Київській ГЕС (Україна) потужністю 0,36 млн. кВт він знижується до 11 м. Така схема використана для всіх ГЕС Дніпровського каскаду в Україні, усіх ГЕС Волзького, Єнісейського та Ангарського каскаду в Росії, для ГЕС каскаду на річках Колумбія та Міссурі у США[5].

При дериваційній схемі напір на ГЕС утворюється шляхом створення зосередженого перепаду за рахунок відводу води з річки штучним водоводом, в якості якого застосовуються відкриті канали (безнапірна деривація); напірні тунелі або трубопроводи (напірна деривація).

При дериваційній схемі для забору води на ГЕС у більшості випадків у річці зводиться гребля, яка утворює невелике водоймище, що часто виконує добове регулювання.

Дериваційну схему доцільно застосовувати в гірських умовах при більших ухилах і порівняно невеликих витратах, що дозволяє при відносно невеликій довжині дериваційного водоводу одержати великий напір.

При дериваційній схемі напори досягають 1000 м і більше. Наприклад, на ГЕС Целльрейн-Зильц (Австрія) потужністю 0,43 млн. кВт напір становить 1259 м, на ГЕС Розеланд (Франція) потужністю 0,5 млн. кВт – 1200 м, на ГЕС Грозіо (Італія) потужністю 0,43 млн. кВт – 590 м [6].

У випадку комбінованої схеми напір на ГЕС утворюється частково за рахунок підпору рівня ріки греблею й створення водоймища, як при пригребельній схемі, та частково за рахунок деривації, що дозволяє при відповідних природних умовах використовувати переваги обох схем. При комбінованій схемі також можна одержати високі напори на ГЕС. Наприклад, на ГЕС ЧерчиллФолс (Канада) потужністю 5,3 млн. кВт із водоймищем обсягом 32,6 км³, утвореним греблею висотою 32 м, напір становить 318 м; на Інгурській ГЕС (Грузія) потужністю 1,3 млн. кВт із водоймищем обсягом 1,1 км³, утвореним греблею висотою 272 м, максимальний напір становить 404 м, на ГЕС Ялі (В'єтнам) потужністю 0,72

млн. кВт із водоймищем, утвореним греблею висотою близько 60 м, напір становить 190 м, на ГЕС Тхак Мо (В'єтнам) потужністю 0,15 млн. кВт із водоймищем, утвореним греблею висотою 50 м, напір становить 90 м[7].

ГАЕС характеризуються роботою у двох режимах: насосному та турбінному (генераторному). У насосному режимі вода з нижньої водойми перекачується гідроагрегатами ГАЕС у верхню водойму. У насосному режимі ГАЕС зазвичай працює у нічний період, коли в зв'язку зі зниженням навантаження в енергосистемі є надлишок електроенергії, яку й споживає ГАЕС (заповнює провальну частину добового графіку навантажень). У турбінному режимі вода з верхньої водойми скидається у нижню через агрегати ГАЕС, а вироблювана електроенергія подається в енергосистему споживачам. У турбінному режимі ГАЕС працюють у періоди максимального навантаження в енергосистемі (зазвичай у години вечірнього та ранкового піків у добовому графіку навантажень).

У сучасних енергосистемах, в яких основними енергоджерелами є атомні та теплові станції з великими агрегатами, ГАЕС забезпечують надійну та ефективну роботу енергосистем за рахунок заповнення провальної частини добового графіку навантажень, забезпечуючи роботу агрегатів ТЕС і АЕС у базовому режимі з майже постійною у часі потужністю; покриття пікової частини добового графіку навантажень; виконання функцій аварійного й частотного резерву енергосистем завдяки високій маневреності й швидкодії.

З усіх запропонованих способів акумулювання енергії в області електроенергетики (акумулювання тепла, виробленого реакторами АЕС, у спеціальних резервуарах гарячої води або пари; газотурбінні електростанції, повітряноакумулюючі, із закачкою компресорами повітря під великим тиском в спеціальні підземні резервуари; механічне акумулювання енергії з використанням маховиків, які розганяються до великих швидкостей та влаштованих в герметичний корпус, де підтримується вакуум, та ін.) наразі використовується гідравлічне акумулювання на ГАЕС, що пройшло багаторічну перевірку і є високоефективним.

За схемою акумулювання ГАЕС підрозділяються на наступні типи (рис. 1.6)[2]:

- ГАЕС простого акумулювання, або «чисті» ГАЕС, характерною ознакою яких є практично повна відсутність припливу води у верхню водойму. Така схема використовується на більшості ГАЕС, наприклад на Київській потужністю 235 МВт, Ладінгтон (США) – 1872 МВт, Дністровській – 2270 МВт, Загорській (Росія) – 1200 МВт, Динорвик (Англія) – 1800 МВт, Tianhuangping (Китай) – 1836 МВт;
- ГАЕС змішаного типу, або ГЕС – ГАЕС, із припливом води у верхню водойму, при спрацюванні якої у турбінному режимі забезпечується додаткове вироблення електроенергії;
- ГАЕС із неповною висотою підкачування води у верхню водойму. Такі ГАЕС використовуються при перекиданні стоку з однієї ріки в іншу шляхом накачування води насосною станцією у верхову водойму на вододіл та скидання її через агрегати ГЕС у низову водойму на іншій річці, а також при влаштуванні на річці двох поряд розташованих водоймищ із перекачуванням води агрегатами ГАЕС із верхнього водоймища на річці в найвищу водойму, розміщену на більш високих відмітках, і скиданням води через агрегати ГАЕС у нижнє водоймище на річці.

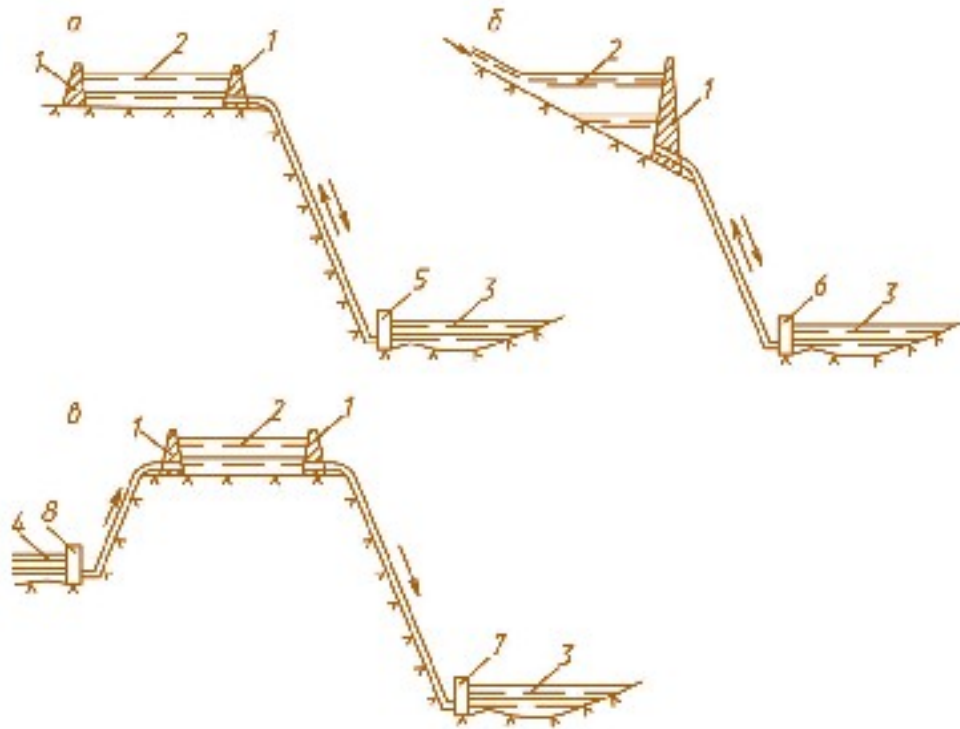


Рис. 1.6 – Принципові схеми ГАЕС[2]:

а – простого акумулювання; б – змішаного типу; в – з неповною висотою підкачування води; 1 – гребля; 2– верхнє водоймище; 3 – нижнє водоймище; 4 – водоймище; 5 – ГАЕС; 6 – ГЕС–ГАЕС; 7 – ГЕС; 8 – насосна станція.

Істотною перевагою ГАЕС простого акумулювання є можливість їх будівництва не тільки на великих річках з використанням уже існуючих водоймищ як нижньої водойми, але й вдалині від великих річок на невеликих річках, де є сприятливі топографічні умови для створення напору, поблизу від великих ТЕС і АЕС, що дозволяє підвищити надійність роботи в енергосистемі, знизити витрати на спорудження ЛЕП.

За тривалістю роботи у турбінному режимі їх підрозділяють на[2]:

- пікові з роботою у турбінному режимі до 5 год/добу й напівпікові з роботою від 5 до 15 год/добу. Пікові та напівпікові ГАЕС у насосному режимі працюють в основному у період нічного провалу в графіку навантажень протягом 6 – 7 год/добу;

- ГАЕС тижневого акумулювання характеризуються накачуванням у вихідні дні додаткового обсягу води у верхню водойму (що дозволяє в умовах зниження споживання електроенергії в енергосистемі в ці дні зменшити розвантаження ТЕС), яка використовується в робочі дні у турбінному режимі для покриття пікової частини добових графіків навантаження. При такому режимі роботи потрібне збільшення ємності водойм для розміщення додаткового обсягу води;
- ГАЕС із сезонним циклом акумулювання характеризується тим, що у літній період, коли споживання електроенергії знижується, накачується додатковий обсяг води у верхню водойму й за рахунок цього в осінньо-зимовий період максимуму навантаження в енергосистемі збільшуються потужність і вироблення ГАЕС. Такий режим застосовується вкрай рідко, тому що вимагає великої ємності водойм.

Вибір схеми й основних параметрів ГЕС залежить від природних умов ділянки річки й здійснюється на підставі техніко-економічного порівняння варіантів[8].

1.2 Проблеми гідроенергетики

Сьогодні будівництво МГЕС в Україні зазнає нищівної критики. Вважається, що будівництво подібних об'єктів змінює природній ареал: і ландшафт, і флору та фауну.

Дуже часто лунають і більш радикальні звинувачення, мовляв, через них, і води в річці нема, і риба вмирає, і водойми забруднюються. Найчастіше критика малої гідроенергетики лунає у Карпатських регіонах. Однією з найбільших проблем в цій місцевості є безконтрольна вирубка

лісів. Через зменшення лісового покриття стік води збільшується у 1,5–3рази і вода не затримується у землі та на кронах дерев.

В подальшому це стає причиною пересихання річок та катастрофічних паводків. Проте, екологи дуже рідко називають цей фактор, адже знайти винуватця проблеми складно.

Набагато простіше звинувачувати у зниженні рівня води МГЕС, де є конкретна юридична особа, яку можна зробити винною у всіх проблемах. Проте, відповідно до технології вода проходить через турбіну та повертається назад в русло, тому втрати під час цього процесу мінімальні.

Іншим притаманним для цих регіонів феноменом є "річка забере". Тони відходів з України експортуються у сусідні країни та плавають у наших водоймах. А все тому, що у багатьох населених пунктах Карпат відсутня послуга вивезення відходів.

І з покон віків люди приходять до річки та залишають своє сміття на її березі. Колись до ери різноманіття упаковки та розвитку хімічної галузі така поведінка не спричиняла великої катастрофи. Але тепер отруйні речовини, які утворюються в результаті гниття відходів, потрапляють у річки, а тони пластику плавають на поверхні. Проте, на превелике здивування більшість активістів та екологів, які вже протягом багатьох років борються проти малих ГЕС, не б'ють тривогу через цю проблему, яка в разі серйозніша, ніж найгірше сконструйована станція.

Причина смородурічки є третя глобальною екологічна проблема регіону – несанкціонований скид стічних вод з підприємств, ресторанів тощо. Потрапляння шкідливих речовин з каналізації призводить до винищення флори та фауни.

Звісно, будь-яка людська діяльність має вплив на екологію, а тим більше будівництво в природних ареалах. Але це неминуче. Якщо ми не хочемо шкодити природі – нам необхідно вимерти або ж шукати поміркованих рішень.

Інша справа, що необхідно мінімізувати цей вплив та ефективно використовувати ресурси. Більше 50 % електроенергії українці отримують з атомних електростанцій, ще майже 32 % з вугільних та газових теплоелектростанцій, 6,2 % з ГЕС і лише 0,13 % з МГЕС. Інші джерела відновлюваної енергетики та ТЕЦ забезпечують решту виробництва [1].

Прийнято вважати, що традиційна енергетика є дешевшою. Навіть якщо з матеріального боку це було б так – не можна виміряти ціну життів людей, які забирають обвали в шахтах чи аварії на атомних станціях. Але ж навіть вдавана дешевизна "брудної" енергетики, порівняно з "зеленою" – умовна.

За останні 30 років сфера відновлювальних джерел енергії отримала у світі підтримку лише на \$40 млрд. В той же час, за даними МВФ, загалом у світі підтримку для викопного палива можна оцінити \$10 млн на хвилину або 5,3 трлн/рік. Україна посідає перше місце серед країн з найвищим рівнем дотацій для цієї галузі [1].

Та попри мізерну підтримку галузі відновлюваної енергії, її вартість поступово знижується. За даними агентства IRENA, собівартість 1 кВт-год енергії, виробленої вітровими наземними електростанціями, зрівнялася з собівартістю енергії, яку генерують вугільні електростанції.

Собівартість 1 кВт-год струму, виробленого наземними ВЕС, становить близько 0,05 євро. Аналогічна кількість "вугільної" енергії дешевша лише на 0,001 євро, а собівартість 1 кВт-год енергії від газових електростанцій становить 0,041 євро [1].

Важливо зазначити, що ціна "дешевої" традиційної електроенергії виглядає доступною лише тому, що відразу не відображає ні початкових капітальних витрат, ні вартості модернізації обладнання, ні коштів на усунення згубних екологічних та соціально-економічних наслідків експлуатації станцій заради прибутку.

Іншою прихованою складовою "дешевизни" традиційної електроенергії є затрати на усунення негативних наслідків її діяльності. За оцінками

експертів, необхідні затрати у цих напрямках взагалі невідомі для нашої країни.

Так, всі споживачі України відповідно до законів про держбюджет на 2014 р. та 2015 р. повинні були відшкодувати близько 11,6 млрд грн. за різними програмами Міністерства енергетики та вугільної промисловості. Це лише невелика прихована частина реальної вартості традиційної енергетики. "Зелене" виробництво натомість являє собою інвестицію в енергетично безпечне та екологічно благополучне майбутнє. Відроджені або збудовані малі ГЕС стають додатковим джерелом електропостачання і стимулом для розвитку регіону [1].

Всього в Україні побудовано 137 МГЕС. Їхня загальна потужність становить лише 0,094 ГВт. Тим часом в 150-и країнах світу діє 83 тис. МГЕС, які забезпечують електроенергією близько 13 млн домогосподарств [3].

Використання гідроенергетики у цих країнах дозволяє уникнути 29 млн тон викидів CO₂. Відтак, в Німеччині працює 7500 малих ГЕС, сукупною потужністю 1,6 ГВт. В Австрії їхня кількість сягає 2590 і вони мають потужність 1,2 ГВт. У Швеції та Франції по 1900 МГЕС потужністю 2 і 1,2 ГВт відповідно [1].

До того ж, говорити про шалені темпи розвитку МГЕС в Україні та як наслідок, впливу цього процесу на екологію, не доводиться. Будівництво однієї станції займає 4–6 років. Ще близько 1–2 років займає отримання відповідних дозволів [3].

Добудова найпотужнішої в Європі Дністровської ГАЕС як, власне, й спорудження інших об'єктів гідроенергетики, може затягнутися на невизначений термін, якщо енергетики та екологи не узгодять свої позиції. ГЕС в Україні будуються відповідно до ухваленої урядом «Програми розвитку гідроенергетики до 2026 року», яку свого часу не погодило Мінприроди. Причина – програмне пройшла процедуру стратегічної екологічної оцінки, не було проведено транскордонних консультацій із Молдовою та місцевою громадськістю. Все це суперечить екологічному

законодавству та міжнародним зобов'язанням України, зокрема в рамках Угоди про асоціацію з ЄС.

І от нарешті провідні енергетики та екологи сіли за стіл переговорів. Цю подію присвятили Дню довкілля. Як і очікувалось, не обійшлося без гострих дискусій, насамперед з представниками Молдови.

Відновлення будівництва Дністровської ГАЕС в середині 90-х відразу ж спровокувало протести з боку жителів подільських сіл. Важливий для енергосистеми об'єкт налякав селян. Нижче греблі станції селяни навіть почали будувати захисні дамби. Місцеві боялися, що греблю прорве і тоді вода змиє все. Нарікали й на проблеми з питною водою. В берегових гранітних скелях пробивали потужні водоводи для майбутньої станції.

Протести не вщухали, тому фахівці зайнялися ретельними дослідженнями наслідків будівництва. Та до цього часу не дійшли спільної думки у питаннях безпеки Дністровської ГАЕС. Основні негативні впливи гідроенергетики на довкілля: зниження проточності та замулення річок, знищення водної флори та фауни... Виникають серйозні соціальні проблеми внаслідок розвитку гідроенергетики – зокрема, це затоплення сотень тисяч гектарів земель і переселення близько 1000 осіб з місць, де вони прожили все своє життя.

Досі залишаються неврегульованими і претензії з боку Молдови. Вже мало хто пам'ятає, як на початок 2000-х озброєні автоматами прикордонники сусідньої держави виставили свій пост на греблі Дністровського буферного гідровузла. Так землі на правому березі Дністра були відрізані від України.

Відтоді багато води сплило в Дністрі – тепер і Україна, і Молдова прагнуть до Європейського Союзу, підписали угоди про асоціацію з ЄС. Держави-сусіди зобов'язані враховувати вимоги ЄС в усіх сферах діяльності, у тому числі в енергетиці. І тут треба шукати компроміс між енергетиками та екологами.

Енергетики переконують, що в Україні планується будівництво низки нових гідроенергетичних потужностей за європейськими стандартами.

Відповідно до угоди про асоціацію України з ЄС проблеми екології річок та вирішення спірних транскордонних проблем із сусідньою Молдовою визначені пріоритетними. Наша держава постала перед складною дилемою: з одного боку, без розвитку гідроенергетики, як регулятора добової потужності енергосистеми, неможливий розвиток сонячної та вітрової енергетики (про це трохи нижче), а з іншого – громадянськість та екологи мають дати згоду на будівництво нових ГЕС та ГАЕС, переконавшись, що ці об'єкти не завдадуть шкоди НПС, не загрожуватимуть затопленням населеним пунктам, не створять дефіцит питної води. І це лише вершина айсбергу проблем, на яких наголошують екологи.

Програма розвитку гідроенергетики України до 2026 р. передбачає збільшення частки гідроенергетики з нинішніх 11% до 15,5% у загальному енергетичному балансі країни. Планується добудувати чотири гідроагрегати Дністровської ГАЕС, відновити будівництво Канівської ГАЕС, збудувати шість ГЕС на Дністрі та Каховську ГЕС-2[5].

В Україні не вистачає маневрових потужностей, здатних регулювати пікові добові навантаження енергосистеми – цю функцію виконують об'єкти гідроенергетики. Оскільки атомні електростанції (а це 55% енергобалансу) працюють у базовому режимі, вони не беруть участі у регулюванні добових навантажень. Брак маневрових потужностей призводить до того, що Україна неготова приєднати всіх охочих виробляти «чисту» енергію, тоді як у нас один з найвищих у світі темпів підписання договорів на майбутні приєднання до енергосистеми.

За даними «Укренерго», загалом нині вже підписано договорів на приєднання до мереж установок «зеленої» енергетики потужністю 7,6 тис. МВт (без врахування великих ГЕС і ГАЕС). Але об'єднана енергосистема України нині може прийняти лише до 3 тис. МВт нових потужностей сонячних та вітряних електростанцій (СЕС і ВЕС) без ризику її розбалансування – ці потужності можуть бути введені в експлуатацію до кінця 2019 р. [3].

Дністровська ГАЕС є частиною Дністровського гідровузла, до складу якого, крім неї, входять ще й Дністровська ГЕС та ГЕС-2. Цей гідровузол проектувався за радянських часів, коли енергетика України та Молдови була єдиною структурою, тому з проголошенням незалежності виникли суперечки щодо демаркації ділянки кордону, яка проходить по греблі Дністровської ГЕС-2. На цій ділянці кордону вона досі не проведена. Прем'єр Молдови Павел Філіп під час візиту в Київ на початок квітня 2018 р. повідомив пресі, що Україна і Молдова вже близькі до вирішення цієї проблеми[8].

Молдова намагається отримати контроль над частиною об'єкта, тому посилюючись на екологічні проблеми (не завжди виправдані), намагається завадити будівництву ГАЕС. Нині ведеться будівництво другої черги станції у складі чотирьох гідроагрегатів, наразі зводиться перший з них. Планується, що гідроагрегат №4 буде введений у експлуатацію наприкінці 2019 – на початок 2020 р. Нині ж функціонує перша черга ГАЕС у складі трьох гідроагрегатів (кожен по 324/421 МВт). У генераторному режимі вони сумарно здатні видати потужність 972 МВт, що рівнозначно потужності блока-мільйонника АЕС[8].

Дністровська ГАЕС була зпроектowana як одна з найбільших ГАЕС у Європі. Її проектна потужність (у складі семи агрегатів) становитиме 2268 МВт у генераторному режимі і 2947 МВт у насосному режимі. Дністровська ГАЕС розташована на річці Дністер в південно-західній частині України на території Чернівецької і Вінницької областей, неподалік від кордону з Молдовою.

На крутому схилі Дністра (перепад 150 м) вже прокладено і забетоновано п'ять тунелів-водоводів (всього їх буде сім), кожен діаметром 8 метрів і завдовжки близько 620 м. Збудовано два водосховища, між якими з допомогою електроагрегатів перекачується вода через ці тунелі-водоводи. У насосному режимі роботи станції вода закачується у верхню водойму на висоту 150 м, а в генераторному режимі (в часи пікових навантажень в енергосистемі) – скидається назад у нижню водойму, де, до речі, енергетики

розводять форель. Сейсмостійкість цієї високотехнологічної системи – сім балів. За роботою цієї системи спостерігають 1800 датчиків-п'єзометрів – вони здійснюють моніторинг обводнення водосховищ, щоб попередити аварію, якщо вода раптом зробить щілину десь в дамбі і стане можливим прорив. В такому разі за 4,5 години енергетики встигнуть спустити воду в нижню водойму[8].

Верхня водойма – це штучне озеро площею 260 гектарів – тамвміщається 35 млн м³ води. В країнах Європи на території таких об'єктів створюють зони відпочинку, організують велотреки, тоді як водойма Дністровської ГАЕС знаходиться під охороною. Проте не виключено, що й цей об'єкт стане привабливим для туристів, адже на схилах Дністра чудові краєвиди[8].

Крім виробництва електроенергії, Дністровська ГАЕС допомагає уникнути повеней на річці та забезпечити стабільне водопостачання у посуху. У періоди сильної засухи водойми станції можуть скидати в русло річки більше води, ніж забезпечує природний притік – задля забезпечення питною водою мешканців Молдови та Одеської області.

Забезпечення питною водою – це ще одне завдання гідроенергетиків після виробітку електроенергії. У країнах Європи, зокрема, Австрії, Швейцарії та Норвегії ГАЕС будують у заповідних зонах. В Україні теж є така практика. Мова про Ташлицьку ГАЕС у заповідній зоні Гранітно-Степового Побужжя на крутих схилах Південного Бугу (Миколаївська область). Майже 28 га цих земель уряд виділив у постійне користування НАЕК «Енергоатом». Вже багато років не вщухають протести екологів та громадських організацій через ймовірне затоплення каньйону Південного Бугу з його стародавніми урочищами, скелями, могилами, порогами, які громадськість називає національними святинами, багатими на рослинність середземноморського та гірсько-альпійського походження. 86 представників тамтешньої флори і фауни занесені до Червоної книги України та Європейського Червоного списку[9].

Програма розвитку гідроенергетики охоплює будівництво таких резонансних об'єктів, як Дністровська ГАЕС, Канівська ГАЕС, Ташлицька ГАЕС. Мінекології не може стояти осторонь, тому що будівництво саме таких об'єктів, з точки зору природоохоронної діяльності, нанесе значних збитків... Це ті об'єкти природно-заповідного фонду, які нині в процесі їх включення в Смарагдову мережу Європи. Зазначені проекти мають обговорюватися в широкому експертному середовищі, енергетики та екологи мають почути одне одного та обрати найбільш вдалі рішення для мінімізації впливу на екологію та водні ресурси. Усі часи питання екології енергетики ставили на перше місце. Водночас екологи нарікають на невідповідність європейським стандартам вже збудованих ГЕС та ГАЕС.

Край суперечкам мають нарешті покласти експерти, науковці. У зверненнях представників громадських організацій часто звучать тези, які не мають під собою наукового підґрунтя, а саме: застаріла технологія, немає води, що призводить до загибелі риби та птахів, знищення питної води, підняття рівня води в землі та затоплення колодязів тощо. За результатами круглого столу буде створено план заходів, який, зокрема, дозволить громадськості вивчити європейський досвід створення та експлуатації ГЕС та ГАЕС, басейнового управління водними ресурсами, відновлення екологічного стану річок та створення зон рекреації.

У сторін конфлікту немає іншого виходу, крім як домовлятися. Використання гідроенергетичних ресурсів, крім вже перелічених переваг, дасть змогу зменшити паливну складову в енергетиці України, а відтак, і залежність від імпортного палива. Енергія ГЕС і ГАЕС найбільш дорога і надалі її цінність лише зростатиме. Крім того, гідроенергетика вирішує комплекс господарських проблем держави: якби її не було, деякі регіони України взагалі б не вели народне господарство, адже саме гідроенергетика забезпечує водопостачання міст, сіл та сільського господарства.

Енергетики визнають: всі енергетичні об'єкти завдають шкоди екології водних артерій. Питання в тому, як мінімізувати цей негатив. За даними Ігоря

Сироти, компанія «Укргідроенерго» вже залучила 10 українських інститутів Національної Академії наук до оцінки впливу гідроенергетики на НПС. Профільне міністерство також запевняє у пріоритетності екології:

Ухвалена в 2017 р. Енергетична стратегія України до 2035 р. – це екологічно орієнтований документ. Вперше там зафіксовано велику кількість екологічних зобов'язань України... Ми стоїмо на порозі ухвалення колосально важливих рішень, яким чином будемо розвивати енергетику України. Ми орієнтуємося на декілька систем координат: економічну, екологічну, соціальну і технологічну. Маємо унікальну ситуацію, коли гідроенергетика ідеально вписується в усі чотири системи координат. Дністровська ГАЕС – типовий зразок того, як високотехнологічний, екологічний об'єкт може бути основою для соціально-економічного розвитку регіону [10].

1.3 Перспективи розвитку гідроенергетики в Україні

Уряд України своїм Розпорядженням від 13 липня 2016 р. № 552-р схвалив «Програму розвитку гідроенергетики України на період до 2026 р.» Рішення, яке було прийняте без попереднього експертного та громадського обговорення Програми, всупереч передбаченим процедурам, викликало значний резонанс та хвилю протестів української громадськості.

Планом заходів Програми передбачено будівництво усіх найбільш резонансних за останні 30–40 років ГЕС та ГАЕС. По-суті, Програма є спробою поновити проекти будівництва масштабних ГАЕС, які не один раз вже призупинялися (Канівська), чи значно обмежувалися в масштабах (Ташлицька, Дністровська) через спротив громадськості, викликаний їх масштабними впливами на довкілля. Крім того, Програма містить і найбільш резонансні за останні два роки плани будівництва енергетичних об'єктів – каскаду із шести ГЕС на Верхньому Дністрі, що вже набули й міжнародного розголосу [11].

Починаючи з 2009 р., Кабінетом Міністрів України посилено увагу до розвитку в Україні відновлюваних джерел енергії, у тому числі і малої гідроенергетики. Було прийнято Закон України «Про внесення змін до Закону України «Про електроенергетику» щодо стимулювання використання альтернативних джерел енергії» та щодо встановлення «зеленого» тарифу. Останні новели законодавства стимулюють розвиток передусім малої гідроенергетики через запровадження стимулу «зеленого» тарифу для малих та мікроГЕС[12].

Зокрема до закону «Про електроенергетику» внесено зміни, які [13]:

- визначають: нову класифікацію малих ГЕС через введення понять «мікрогідроелектростанція» (МГЕС потужністю до 200 кВт), «міні гідроелектростанція» (МГЕС потужністю 200 – 1000кВт) та «мала гідроелектростанція» (МГЕС потужністю від 1000 – 10000кВт);
- вводяться відповідні для кожного класу коефіцієнти до затвердженого НКРЕ в установленому порядку розміру «зеленого» тарифу – 2,0; 1,6 та 1,2 відповідно (до прийняття цього закону цей коефіцієнт дорівнював 0,8 для всіх МГЕС);
- для всіх категорій МГЕС знято вимогу щодо дотримання розміру місцевої складової, тобто норм вартості складових частин українського походження, використаних при створенні об'єкта електроенергетики. Це дійсно дає додаткові можливості для залучення інвесторів;
- окремі положення закону також визначають правові основи роботи МГЕС на оптовому ринку електричної енергії та надають державні гарантії щодо закупівлі електричної енергії виробленої мікро-, міні та малими ГЕС.

Загалом передбачено чотири можливості продажу електричної енергії, виробленої на об'єктах електроенергетики, що використовують

альтернативні джерела енергії (крім доменного та коксівного газів, а з використанням гідроенергії – вироблену лише МГЕС):

- шляхом реалізації за «зеленим» тарифом безпосередньо оптовому ринку електричної енергії;
- шляхом реалізації за «зеленим» тарифом за прямими договорами безпосередньо споживачам;
- реалізації виробленої електричної енергії за договірними цінами безпосередньо споживачам;
- реалізації виробленої електричної енергії за договірними цінами енергопостачальним компаніям, які здійснюють господарську діяльність з постачання електричної енергії за регульованим тарифом.

Відповідно до Закону України «Про електроенергетику» величини «зеленого» тарифу для суб'єктів господарювання, що виробляють електричну енергію на об'єктах електроенергетики з використанням альтернативних джерел енергії, встановлюються щомісячно в залежності від офіційного курсу НБУ національної валюти до євро на дату встановлення роздрібних тарифів для споживачів [2].

На кінець 2013 НКРЕ встановила «зелені» тарифи для 124 суб'єктів господарювання, з яких: 35 суб'єктів господарювання, які експлуатують МГЕС (усього 90 ГЕС). При цьому 2 суб'єкта господарювання експлуатують як МГЕС, так і СЕС[12].

З моменту запровадження стимулів, мала гідроенергетика забезпечила значний вклад зростання встановленої потужності та загальний обсяг виробництва електроенергії об'єктами відновлювальної енергетики. З вищенаведеного можна зробити висновок, що законодавча база для купівлі-продажу електричної енергії, виробленої на МГЕС в Україні створена, але ця база потребує вдосконалення на рівні вторинного законодавства та регуляторних актів НКРЕ.

З метою організаційного забезпечення подальшого розвитку малої гідроенергетики, на думку спеціалістів-гідроенергетиків, доцільно розробити та ввести в дію ряд документів, які б упорядкували виділення земельних ділянок та надання дозволів на будівництва об'єктів малої гідроенергетики; дозволів на спеціальне водокористування; питання юридичного оформлення права власності та користування на земельні ділянки із земель державної та комунальної власності.

Необхідним також є розроблення та затвердження нормативнотехнічної бази проектування МГЕС та їхньої експлуатації, врахування природоохоронних вимог у процесі відведення земель для розміщення об'єктів енергетики, розроблення нормативно-правових актів щодо підключення малих ГЕС до електричної мережі енергокомпаній (обленерго), настанов з паралельної роботи МГЕС з електричними мережами низької (220, 380 В) та середньої (6, 10, 35 кВ) напруги.

Необхідним вважається розроблення «Схеми наявного гідроенергетичного потенціалу України та можливого спорудження гідровузлів і об'єктів малої гідроенергетики», вирішення питання розвитку мережної інфраструктури для забезпечення приєднання об'єктів малої гідроенергетики до ОЕС України, врегулювати питання відповідальність власників за відновлення та безпеку гідроспоруд малих ГЕС і збереження водогосподарчого призначення водосховища, укріплення берегів водних об'єктів у межах населених пунктів [2].

Слід відзначити, що останнім часом частина зазначених задач уже врегульована. З метою законодавчого врегулювання питань приєднання споживачів до мереж Верховною Радою України було прийнято Закон України «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо плати за приєднання до мереж суб'єктів природних монополій» № 5021-VI, який набрав чинності з 01 січня 2013 р. [14]. Закон про приєднання передбачає окремі порядки приєднання до електричних мереж в залежності від типу електроустановок замовників, їх потужності та відстані, на якій вони

розташовані від електричних мереж електропередавальних організацій. Зокрема, введено поняття «стандартне» приєднання, під яким розуміється максимально спрощена процедура приєднання електроустановок замовника (крім електроустановок, призначених для виробництва електричної енергії) до діючих мереж електропередавальної організації на відстань, що не перевищує 300 м по прямій лінії від місця забезпечення потужності до місця приєднання, яке диференціюється за ступенями потужності. НКРЕ протягом 2013 р. було розроблено та прийнято основні нормативні документи, що регулюють процедуру приєднання електроустановок до електричних мереж:

- Правила приєднання електроустановок до електричних мереж (Постанова НКРЕ від 17.01.2013 р. № 32) [15];
- Методику розрахунку плати за приєднання електроустановок до електричних мереж (Постанова НКРЕ від 12.02.2013 р. № 115) [6];
- Розроблено такі типові форми, що є додатками до Правил приєднання електроустановок до електричних мереж (Постанова НКРЕ від 17.01.2013 р. №32)[15];
- Типовий договір про приєднання до електричних мереж;
- Типова форма технічних умов стандартного приєднання до електричних мереж електроустановок;
- Типова форма технічних умов приєднання, яке не є стандартним, до електричних мереж електроустановок.

В Україні при загальній потужності ГЕС 4,6 млн. кВт освоєно 60 % економічно ефективного гідроенергетичного потенціалу. Потужність ГАЕС (із введенням перших агрегатів на ГАЕС, що споруджуються) складає 0,85 млн. кВт (2009 р.), здійснюється будівництво двох ГАЕС: найбільшої в Європі Дністровської потужністю 2,27 млн. кВт і Ташликської потужністю 0,9 млн. кВт, що складає єдиний енергокомплекс з Південно-Українською АЕС, проектується Канівська ГАЕС потужністю 1 млн. кВт [2].

В ОЕС України, де на ГЕС виробляється лише 6 % загальної кількості електроенергії, а на АЕС біля 50 %, існує надзвичайно гострий дефіцит високоманеврених потужностей, що вимагає прискорення введення в експлуатацію потужностей ГАЕС, які будуються, для покриття пікової частини і заповнення нічних провалів у графіку навантажень, забезпечення швидкодіючого аварійного і частотного резервів в ОЕС України[16].

При подальшому розвитку електроенергетики на базі гармонічного поєднання атомної і вугільної електроенергетики, гідроенергетики та інших відновлювальних джерел гідроенергетика відіграватиме найважливішу роль в оптимізації структури генеруючих потужностей ОЕС України, забезпечуватиме її необхідну маневреність, гнучкість і надійність [17].

2 ФАКТОРИ ВПЛИВУ ГІДРОЕНЕРГЕТИКИ НА ДОВКІЛЛЯ

Виробництво електроенергії за рахунок використання відновлюваних природою гідроенергетичних ресурсів належить до найважливіших природоохоронних і ресурсозберігаючих технологій на відміну від виробництва електроенергії за рахунок використання горючих корисних копалин, таких як природний газ, нафта, кам'яне вугілля, оскільки вони відносяться до непоновлюваних природних ресурсів, близьких до вичерпання в доступний для огляду період.

ГЕС, замінюючи альтернативні ТЕС, запобігають викидам у НПС величезної кількості забруднюючих речовин, зберігають життя й здоров'я людей.

В об'єднаних енергосистемах ГЕС і ГАЕС, покриваючи найбільш складну пікову зону графіка навантажень, а ГАЕС, закриваючи нічні провали, виконуючи функції аварійного й частотного резервів енергосистеми, забезпечують надійне електропостачання населення, комунального господарства, промисловості й сільського господарства, запобігають відключенню споживачів в аварійних ситуаціях і пов'язаним із цим можливим негативним наслідкам для НПС.

Комплексне використання водних ресурсів найбільш ефективно для соціально-економічного розвитку суспільства, поліпшення умов життя населення, охорони НПС зі зменшенням втрати земель за рахунок багатоцільового призначення водоймищ ГЕС та ГАЕС, що здійснюють регулювання стоку ріки.

Вода займає особливе місце серед природних ресурсів, вона використовується у всіх циклах виробництва й натурально природного відтворення, у всіх сферах життєзабезпечення живої матерії, будучи найважливішим фактором, що визначає життя людей.

Для підвищення ефективності використання водних ресурсів і зниження водоспоживання передбачається широке впровадження водозберігаючих технологій, замкнутих циклів, заходів щодо зменшення втрат води, інших технологічних, а також законодавчих заходів. На даний час принцип комплексного використання водних ресурсів залишається основним принципом при будівництві ГЕС та ГАЕС у всіх країнах світу [18].

2.1 Вплив ГЕС під час будівництва

Незважаючи на екологічну та комерційну привабливість МГЕС в Україні існує сукупність негативних наслідків від її впровадження, що ставить питання про доцільність розвитку цього напрямку енергетики.

Дослідження показали, що ще на етапі будівельно-монтажних робіт будівництво ГЕС має негативний вплив на НПС, а саме [19]:

- тимчасове вилучення земель під будівельні майданчики для будівництва гідротехнічних споруд, траси і для будівництва виробничих автодоріг;
- знищення лісу на схилах при вибірці ґрунту;
- порушення цілісності надр при прокладанні в них дериваційного тунелю, будівництві гідротехнічних споруд;
- утворення під час будівництва виробничих відходів у вигляді витягнутої породи (ґрунту);
- зміна якості води річок (збільшення вмісту завислих речовин) при будівництві водозаборів і тимчасових гребель;
- забруднення атмосферного повітря при роботі автотранспортної техніки та роботі установок, проведенні буро-вибухових робіт;
- забруднення водотоків стічними водами від будівельних містечок;

- втрата середовища існування об'єктів тваринного світу та порушення шляхів міграцій внаслідок відчуження земель під будівельні майданчики.

Через зарегульованість річок та зменшення водного потоку у випадку будівництва нових ГЕС перед місцевими громадами стає загроза зменшення чи повного зникнення туристичного потоку, що подекуди є єдиним способом заробітку для населення. Особливо актуальна ця загроза для Карпат, де згідно «Програми енергозбереження та енергозабезпечення на період до 2015 року», розробленої на замовлення Закарпатської облдержадміністрації, заплановано будівництво 330 малих ГЕС. Масове будівництво МГЕС на малих річках Карпат повністю знищить сферу водного туризму (рафтинг, гребний слалом та інші) та скоротить обсяги зеленого туризму, що приносять прибутки в розмірі 57,5 млн. долл. США на рік [20].

Також зарегулювання річок має негативний вплив на рибне господарство. Спорудження малих ГЕС на гірських річках призводить до повного зникнення осетрових і лососевих риб, через замулення водоймищ та зменшення рівня води в них, а також заняття їх ніші озерними видами (найчастіше щукою та окунем).

Отже, будівництво ГЕС на річках Карпат ставить під загрозу вільні шляхи міграції до нерестилищ, природні нерестилища та місця нагулу рідкісних, зникаючих та занесених до Червоної книги України видів риб (такими видами є стерлядь прісноводна, дунайський лосось, харіус європейський, марена, струмкова форель та інші) та видів, які на території України зустрічаються лише в Закарпатському регіоні (ялець-андруга європейський (закарпатський), мінога (угорська), що в загальному є унікальною національною цінністю фауни України.

Особливістю зарегульованих річок є те, що рівень води в них коливається в залежності від потреб ГЕС. Найчастіше такі коливання відбуваються щоденно в межах 1 метра. Береги річки стають крутими і вузькими, а складові їх речовини (пісок, глина і ін) регулярно вимиваються.

Як результат відбувається замулення річки, а також прибережна рослинність уздовж руслових водосховищ часто утворює вузьку смугу без ознак зональності близько самого високого рівня води, а внизу зрідка можна виявити болотні і водні рослини.

Також в значній мірі від зарегульованості річки залежить біорізноманіття видів нижче рівня гідроелектростанції (нижній б'єф). Так, наприклад, зарегулювання річки призводить до того, що площа рослинного покриву після гідроспоруд скорочується в середньому з 42 % від площі берегової зони до 2 %, без найменших ознак відновлення, а площа рослинного покриву з трав і чагарників падає приблизно з 50 % до 30 % площі берегової зони. Таким чином, вплив ГЕС на біорізноманіття прибережних рослин зберігається приблизно 70 років після його початку, і можливо, є необоротним[5].

Проаналізувавши основні негативні наслідки впливу ГЕС на НПС та господарську діяльність важливим є формування методичного підходу до оцінки еколого-економічної ефективності їх функціонування, що враховував би перелічені вище фактори.

Будівництво малих ГЕС в Карпатському регіоні України має негативний вплив на флору і фауну, зокрема перешкодить руху на нерест форелі і інших гірських видів риби. Згідно вимог, у конструкції МГЕС передбачаються спеціальні ґрати, які убезпечують рибу від потрапляння в конструкції ГЕС, а сама риба обходить ГЕС по спеціально обладнаному рибоходу. Однак впроваджені рибоохоронні заходи на сучасних МГЕС України виконано тільки формально. Особливо занепокоєні ситуацією працівники Інституту екології Карпат Національної академії наук України: «Будівництво запланованої кількості малих ГЕС на Закарпатті супроводжуватиметься порушенням (у випадку спорудження загат) й цілковитим знищенням (у випадку спорудження водосховищ) узбережних й руслових біотопів[10].

Функціонування ГЕС істотно впливатиме на гідрологічний режим водойм, оскільки основна маса води з річок буде відведена в труби. У зв'язку з цим очікується значне обміління їх русел і створення штучних перешкод (що вже має місце на збудованих ГЕС) для обміну генофондом між популяціями водних тварин. Насамперед, це стосується видів риб з родини лососевих – форелі струмкової, хариуса європейського (Червона книга України – надалі ЧКУ), лосося дунайського (ЧКУ), для яких під час розмноження характерні міграції у верхів'я потоків і струмків. Загати ГЕС створюють непрохідні перепони й «відрізають» лососевих риб від оптимальних для них нерестовищ. Існуючі рибовідводи на вже існуючих карпатських малих ГЕС не виконують своїх функцій, оскільки спроектовані й зроблені неправильно (більшість з них просто зневоднена). Таким чином, рідкісні види лососевих можуть цілковито зникнути.

На жаль, у гонитві за наживою власники ГЕС ігнорують вимоги природоохоронного законодавства та економлять на заходах щодо компенсації шкоди довкіллю. Зокрема, не обладнують ГЕС рибопропускними спорудами та ігнорують вимоги пропуску риби вгору за течією під час нересту. Згідно зі ст. 66 Водного Кодексу України «гідроенергетичні підприємства зобов'язані дотримувати встановлених правил експлуатації водосховищ, режимів накопичення та спрацювання запасів води, режимів коливань рівня у верхньому і нижньому б'єфах та пропускання води через гідровузли, забезпечувати у встановленому порядку безперебійний пропуск суден, а також пропуск риби до місць нересту відповідно до проектів рибопропускних споруд». Але на практиці ця норма не виконується через низку причин, в першу чергу через відсутність підзаконних нормативно-правових актів та неефективності контролюючих органів.

Будівництво об'єктів електроенергетики на річках негативно позначиться і на угрупованнях земноводних, які концентруються неподалік русел чи у заплавах водойм. Так, підприємці ставлять під загрозу

існування плямистої саламандри, личинки якої розвиваються винятково у струмках і потоках, карпатського та альпійського тритонів, для яких зміна гідрологічного режиму матиме згубний вплив, а також гірської купки і прудкої жаби.

Відведення в труби основного водного потоку (при будівництві дериваційних ГЕС) спричинить зневоднення русла, що матиме негативні наслідки, як для водної екосистеми, так і для прируслових наземних екосистем. Як наслідок, під загрозою зникнення опиняться й численні угруповання рідкісних видів рослин, занесених до Червоної книги України, списків Бернської конвенції, Світового списку Міжнародного союзу охорони природи та Європейських червоних списків.

Будівництво ГЕС супроводжується інколи порушенням, а в деяких випадках, значним руйнуванням узбережних та руслових біотопів, зміною ландшафтів. Експлуатація напірних дериваційних ГЕС істотно впливає на гідрологічний режим річок, оскільки передбачає забір основної маси річкової води у дериваційні водоводи (тракти) з метою створення необхідного напору та витрати води. У зв'язку з цим може відбуватися значне обміління водотоків, порушуватися екологічний стік річок, створюватися штучна перешкода для обміну генофондом між популяціями гідробіонтів. Прокладання дериваційних трактів через ділянки, вкриті лісами, вимагає їх вирубки та будівництва нових елементів транспортної інфраструктури, що сприяє зменшенню стійкості берегових схилів водотоків.

На території української частини Карпатського регіону планується спорудження понад 500 малих ГЕС. Це може призвести до суттєвих негативних наслідків для популяцій тварин, рослин та їх оселищ, ландшафтів, традиційного господарства та розвитку туризму, зокрема[21]:

- порушується водопостачання у регіоні;
- річки опиняються в трубах, перекриваються греблями, безповоротно руйнуються природні річкові екосистеми;

- риба не має можливості мігрувати на нерест у верхів'я річок, що призводить до зникнення більшості видів риб на кожній з карпатських річок після початку будівництва бодай однієї малої ГЕС на ній;
- неминуча деградація лісів та інших природних комплексів, оселищ рідкісних представників флори і фауни, включених до Червоної книги України;
- річки втрачаються місця риболовлі та рафтингу, що цілком знищує можливості для розвитку туризму, пов'язаного з водними об'єктами;
- наростають потенційні загрози, пов'язані з підтопленням, зсувами, проривами гребель;
- сукупний вплив на гірський регіон значної кількості об'єктів, їх інфраструктури призведе до наростання сейсмічних ризиків та деградації ландшафтів.

Науковці та представники екологічних громадських організацій звертають увагу на основні фактори негативного впливу ГЕС на довкілля[22]:

- вплив на гідрологічне середовище, зокрема, через зміни гідрологічних режимів річок – кисневого і температурного режиму, водного режиму (включно із проходженням повеней і паводків), зміни рівнів забруднення водних об'єктів тощо;
- вплив на соціальне середовище, зокрема, через унеможливлення розвитку туризму, відтік туристів, зменшення туристичної активності регіону; вплив на інші види альтернативної економічної діяльності громад, зміни в умовах життя і господарювання, зміни у свідомості населення, спричинені руйнуванням традиційного середовища існування;

- вплив на геологічне середовище, що спричиняє до активізації негативних екзогенних геологічних процесів, таких як активізації ерозії, зміни у перенесенні і накопичення наносів, зсуви, підняття та падіння існуючих рівнів ґрунтових вод у зоні впливу ГЕС та інші[4].

2.2 Вплив ГЕС під час експлуатації

За різних режимів експлуатації ГЕС в районах їх розташування можуть проявлятися мікрокліматичні зміни, процеси підтоплення та заболочування, переробка та абразія берегової лінії, трансформація режиму ґрунтових вод, зона тимчасового затоплення територій, зміна рівнів та швидкості води у річці, замулення верхніх б'єфів, руслові трансформації та глибинна ерозія у нижніх б'єфах, зміни гідрохімічного та льодотермічного режимів річки тощо. Масштаб вищеперерахованих трансформацій обумовлюється величиною підпору води, а їх характер може визначати стан наземних екосистем буферних територій, ареали поширення представників флори та фауни, умови їх існування та розмноження в зоні тимчасового затоплення тощо. Зміна стану ресурсів може впливати на умови життєдіяльності населення та роботу народногосподарських об'єктів, оскільки більшість малих ГЕС розташована в межах населених пунктів, де найбільше проявляється підпір води.

Масштаби та інтенсивність трансформації природних ресурсів, спричинені будівництвом та експлуатацією ГЕС, визначають умови існування представників флори та фауни наземних і водних екосистем. Незначна площа затоплень при створенні водосховища ГЕС буде сприяти трансформації кореневих систем кущової та деревовидної рослинності, що зростає в межах прибережної захисної смуги водотоку.

Під час наповнення водосховища в ареали затоплень можуть потрапити ареали зооценозів безхребетних видів тварин, хребетні види тварин будуть мати змогу адаптуватись до змін середовища та освоїти нові ареали для існування. Визначення рівня трансформації природних ресурсів при експлуатації ГЕС є достатньо складною процедурою, оскільки зміни природних процесів та явищ відбуваються поступово, з різною інтенсивністю та через різні проміжки часу, сильно прив'язані до фонового стану довкілля.

Основні трансформації природних ресурсів буферних територій зокрема пригреблевих ГЕС пов'язані із створенням підпору води. Русловий характер водойм ГЕС призводить, як правило, до трансформації водних ресурсів зарегульованих ділянок водотоків – параметрів гідравлічного, руслового, температурно-льодового та гідрохімічного режимів води. За рахунок значного гідравлічного ухилу гірських водотоків, що мають каньйоноподібну малорозвинену заплаву, виникає можливість створення руслових водосховищ, режим експлуатації яких дозволяє сформувати необхідний гідравлічний напір з мінімальними трансформаціями природних ресурсів. Масштаб поширення підпору води визначає межі поширення цих трансформацій.

Гідравлічні електростанції традиційно вважають екологічно чистими. Проте будівництво дамб на річці обумовлює зміну властивостей екосистем ріки. З проточної системи ріка перетворюється на ланцюг водосховищ, де змінюються всі фізичні, хімічні, біологічні властивості.

Донні та зважені наноси, що надходять з басейну ріки, раніше служили добривом для заплавних земель, тепер здебільшого затримуються у водосховищах і відкладаються на дні, забруднюючи воду. До того ж мільйони тонн землі щорічно завалюються з берегів у воду, через що каламутність її збільшується у 100 разів[20].

У штучних водосховищах складаються сприятливі умови для явища, що його вчені назвали “біологічним вибухом”. Це – інтенсивне поширення одноклітинної синьо-зеленої водорості через те, що третина площі штучних

водосховищ має глибину меншу, ніж 2 м. У невеликій товщі води над родючими угіддями, багатими на органічні речовини, утворюється величезна кількість організмів. Вони швидко відмирають, спливаючи на поверхні водосховищ величезними полями гниючих біологічних решток, і забирають із води кисень, що призводить до масової загибелі їхтїофауни. У воді штучних морів, забрудненій стічними промисловими водами, а також водою, що стікає з полів разом із хімічними добривами та отрутохімікатами, виникають умови, сприятливі для змін якості синьо-зелених водоростей – вони можуть набути властивостей, небезпечних для життя людини. Влітку водосховища через це втрачають свої рекреаційні якості.

Змінюється смак і колір води, оскільки у воду з водоростей потрапляє велика кількість виділень і погіршується кисневий режим; забиваються фільтри водозабірних споруд і порушуються нормально збалансовані у водоймі процеси обміну речовин і заміна одних видів іншими, більш пристосованими до таких, менш сприятливих, умов. Складність створення сприятливих умов для росту і розвитку макрофітів полягає в тому, що при надлишковому розвитку вони з фактору берегозакріплення і самоочищення води стають фактором, який сприяє підтопленню і заболочуванню берега, а при відмиранні – фактором самозабруднення води.

Спостерігаються також значні біологічні наслідки – поширення інфекційних захворювань, збільшення збудників хворіб, особливо в країнах з жарким кліматом (малярії та ін.).

Регулювання стоку і зрізування паводку супроводжуються зневодненням рік нижче греблі, зниженням рівня ґрунтових вод і опустелюванням заплавної землі; поблизу дериваційних споруд спостерігається підтоплення і заболочування територій, прилеглих до деривації.

У місцевостях, розташованих поруч із водосховищами, спостерігається підйом рівня ґрунтових вод, заболочування територій і виведення з сівозміни значних площ землі. На водосховищах тривають обвали берегів, які на

окремих ділянках відступили вже на сотні метрів. Наприклад, греблі перетворили Дніпро на низку застійних озер, які мають слабкий водообмін і здатність до самоочищення та, як наслідок, перетворюються на вловлювачів промислового бруду.

Дуже потерпають від гребель на річках мешканці рік – планктон і риба. Останні не можуть проходити через греблі до місць своїх звичних нерестовищ, які до того ж ще й стають непридатними для нересту внаслідок затоплення. Багато риби й планктону гине в лопатках турбін. Водосховища, надзвичайно забруднені стоками й добривами, що змиваються з полів, улітку нерідко «цвітуть», що викликає масову загибель риби та інших мешканців водойм.

Також виникає порушення стійкості схилів – поява зсувів, абразія берегів. Іноді ці явища набувають характеру катастроф. Як наприклад катастрофа в Італії 1963 р., коли в водосховище Вайонт звалився скельний масив об'ємом 240 млн. м³, в результаті чого загинуло 3 тисячі людей, завдано великих матеріальних збитків[12].

Науковці спостерігають "наведену" сейсмічність. З цим явищем вперше зіткнулися лише у 60-х роках після землетрусів в Індії (1967 р.) і Греції (1968 р.). У 1976 р. зафіксовано 20 випадків чітко встановленого зв'язку між підвищенням сейсмічної активності і початковим наповненням водосховищ [23].

2.3 Аварії на ГЕС та їх наслідки

Всі знають про небезпеки аварій на атомних електростанціях через викиди радіації, але про аварії на ГЕС ми знаємо набагато менше. Проте, історія знає десятки випадків аварій на великих ГЕС, які привели до величезних руйнувань і принесли численні людські жертви. Ось деякі з них:

У червні 2013 р. в Індії, на електростанціях Dhauliganga і Vishnuprayag сталося затоплення машинних залів в результаті паводків. В результаті одна

зі станцій вийшла з ладу на 6 місяців, а друга на 1 рік була потрібна часткова заміна обладнання[24].

У 2009 р. в Індії, через прорив дамби сталася аварія на електростанції Srisaïlam Dam, що призвело до зупинки роботи ГЕС на 1 рік.

У 2009 р. в Бразилії, електричні лінії другий по крупності ГЕС в світі Ітайпу були пошкоджені штормом. Було втрачено виробництво 18 ГВт електроенергії. В результаті аварії в тій чи іншій мірі постраждали дев'ять з 27 бразильських штатів. Поїзди метрополітену в Ріо-де-Жанейро і Сан-Паулу були зупинені, тисячам людей довелося під землею пробиратися до найближчих станцій, щоб вийти на поверхню. Світло пропало в житлових будинках, готелях, не працювало вуличне освітлення[24].

В цьому ж році в Росії, через зрив кришки турбіни, сталося затоплення машинного залу Саяно-Шушенської ГЕС. В результаті катастрофи загинуло 77 чоловік, 17 чоловік вдалося врятувати. Був повністю зруйнований другий гідроагрегат ГЕС і частково зруйнований машинний зал. Крім того, сильні пошкодження зазнали сьомий і дев'ятий гідроагрегати. Всього ГЕС складається з 10 гідроагрегатів, які перетворюють кінетичну енергію потоку води в електроенергію. В результаті станція була зупинена, затоплена і зруйнована будівля машинного залу. Приміщення, зруйноване внаслідок аварії, є одним з ключових на всій ГЕС[24].

Після аварії в річку вилилося до 40 т трансформаторного масла і утворилася масляна пляма завдовжки десятки кілометрів, зафіксована загибель сотень тон риби.

Після аварії тисячі мешканців Красноярського краю і Хакасії звернулися з проханням до російського керівництва негайно закрити Саяно-Шушенську ГЕС через загрозу руйнування дамби. У них, зокрема, викликає побоювання водобійний колодезь – він і раніше руйнувався, а зараз ще і прийняв підвищене навантаження.

Першим після аварії 24 лютого 2010 р. був включений в мережу під навантаження гідроагрегат № 6. 22 березня 2010 р. запущений ще 5-й гідроагрегат[24].

У грудні 2014 р. Саяногорський міський суд в Хакасії виніс вирок фігурантам кримінальної справи про аварію на Саяно-Шушенській ГЕС в серпні 2009 р. Четверо фігурантів засуджені до реального терміну, двоє – умовного, один амністований. Колишній директор філії ВАТ «РусГідро» – «Саяно-Шушенська ГЕС імені П.С. Непорожнього» Микола Неволько і колишній головний інженер станції Андрій Митрофанов рішенням суду засуджені до шести років колонії загального режиму кожен. Колишній заступник головного інженера станції Євгеній Шерварлі отримав 5,5 року, колишній заступник головного інженера станції Геннадій Никитенко – 5 років 9 місяців[24].

У 2005 р. в США, сталася аварія на електростанції Таум Сік, обійшлося без жертв. ГЕС призупинила роботу до 2010 р.[24].

У 2000 р. в Швейцарії, через розрив напірного трубопроводу загинуло 3 людини. Було втрачено 1269 МВт генерується[24].

Найбільша аварія в історії ГЕС сталася в Китаї. В результаті руйнування платини електростанції Banqiao. Гребля Банцяо – гребля на річці Жу в префектурі Чжумадянь провінції Хенань, КНР, частина комплексу з 62 дамб. Дамба сумно відома катастрофою, що відбулася тут 8 серпня 1975 р., коли цю дамбу було прорвано повинню, викликаною тайфуном Ніна. Приблизно 26000 осіб потонуло і ще 145000 померли від епідемій, що поширилися унаслідок катастрофи. Крім цього, приблизно 5 960 000 будівель було зруйновано[24].

Гребля була сконструйована таким чином, щоб пережити найбільші повені, які трапляються раз в тисячу років (306 мм опадів в день). Однак, в серпні 1975 р. сталася найбільша за 2000 років повинь, як наслідок потужного тайфуну Ніна і кількох днів рекордних штормів (було встановлено новий рекорд, 160 мм опадів за годину, 1 631 мм за день, тоді як звичайна кількість

опадів на рік коливається в районі 800 мм). Ворота шлюза були не в змозі впоратися з переповненням води[24].

8 серпня в 00:30 найменша дамба в Шіманьтані, яка була побудована, щоб витримати найбільшу в 500 років повінь, розвалилася. Вже через півгодини, в 1:00 вода досягла дамб в Баньцяо і зруйнувала їх[24].

Сумарно було прорвано 62 дамби. Витік води з дамб Баньцяо становив 13 000 м³/с (на площі 4 га), протягом шести годин витекло 701 мільйонів тонн води, в той час як у верхівці річки на дамбах Шіманьтань з 5.5 годин витекло 1 670 мільйонів т води, а за час всієї катастрофи це 15 738 мільярдів т[24].

Повінь спричинила величезну хвилю води шириною 10 км, 3 – 7 м висотою. Приплив за годину відійшов на 50 км від берега і дістався рівнин, створив там штучні озера сумарною площею 12 000 км². Сім провінцій були затоплені, це тисячі квадратних кілометрів сільської місцевості та незліченна кількість комунікацій[24].

Евакуаційні роботи не могли проводитися належним чином через погодні умови і неробочі комунікації. У населених пунктах, що своєчасно отримали наказ про евакуацію, втрати були відносно низькі. Наприклад, тільки 827 чоловік загинуло з 6000, які евакуювалися з села Шахедянь, що неподалік дамб Баньцяо, але у розташованому біля Шахедянь, але своєчасно не попередженому селі Веньчен загинула половина з 36 000 населення, а село Даовеньчен було змито з лиця землі з усіма 9600 жителями[24].

Залізнична дорога Джінгуан – основна артерія від Пекіну до Гуанджоу була відрізана на 18 днів, така ж доля чекала інші важливі лінії комунікації. Через дев'ять днів більше мільйона людей потрапило в пастку через воду, їм була не доступна допомога і в цей час їх косила епідемія. Багато з дамб було відбудовано, включно з Баньцяо, в 1993 р [25].

3 ЗАХОДИ ЩОДО ЗМЕНШЕННЯ НЕГАТИВНОГО ВПЛИВУ ГЕС НА ДОВКІЛЛЯ

У цілому при розміщенні водоймищ у гірських і передгірних районах збиток наземним екосистемам значно менший, ніж при розміщенні на рівнинних територіях.

Для поліпшення умов проживання, мінімізації негативного впливу на рослинний і тваринний світ наземних екосистем застосовуються природоохоронні й компенсаційні заходи, значна частина яких має комплексний характер і включає:

- Реконструкцію обладнання діючих гідроелектростанцій з урахуванням сучасних технологій;
- Врегулювання питання відповідальності за незаконну забудову в контрольованій зоні ГЕС, ліквідації незаконно зведених об'єктів, втручання в роботу конструктивних елементів гідротехнічних споруд;

- Удосконалення системи захисту та контролю за станом гідротехнічних споруд та захисту гідроелектростанцій від можливих непередбачуваних ситуацій;
- Будівництво нових МГЕС в гірських районах з дотриманням вимог природоохоронного законодавства; проведення екологічної оцінки впливу на довкілля під час реконструкції та спорудження об'єктів малої гідроенергетики;
- Затвердження Схеми розміщення МГЕС в Україні, визначення їх оптимальної кількості та доцільні місця їх розташування з точки зору забезпечення комплексного підходу до використання водних ресурсів та умов економічного, соціального та екологічного розвитку територій;
- Здійснення оцінки рівня безпеки експлуатації об'єктів гідроенергетики на основі моніторингу відповідних показників;
- Інженерний захист найцінніших у природоохоронному відношенні природних комплексів.
- Виконання природо-відновлювальних робіт (відтворення лугов, лісозахисних смуг і ін.).
- Вилов і переселення тварин із зони затоплення в період будівництва ГЕС й заповнення водосховища.
- Забезпечення умов для проживання та розмноження тварин.

Важливою стороною взаємодії різних видів тварин з екосистемою водоймищ є їх участь у трансформації первинної продукції. З усієї різноманітності тваринного світу ключовими для екосистеми водоймищ є групи водоплавних і навколоводних птахів, а також навоповідні тварини, найбільш численні на Дніпровському каскаді ГЕС. Так, на Київському водоймищі за спостереженнями в 1977 р. кількість ондатри досягала 80 – 90 тис. особин, і ними було вилучено близько 80 – 90 тис. т рогози, очерету й ін., виростаючи на мілководді, що склало близько 30 % усіх рослинних

ресурсів. На таких ділянках мілководь, звільнених ондатрами й бобрами від жорсткої водної рослинності, збільшується щільність зоопланктону, що сприятливо позначається на кормових умовах проживання риб, поліпшуються умови аерації мілководь[26].

При створенні водоймищ зміна сформованих природних умов, регулювання стоку, зміна хімічного складу, температурного й газового режимів, режиму наносів й ін. чинять істотний вплив на водні екосистеми у водоймищах, нижньому б'єфі й гирлах рік.

Комплекс основних природоохоронних і компенсаційних заходів, спрямованих на зниження негативного впливу створення водоймищ на тваринний світ водних екосистем, включає:

- режим експлуатації й попусків у нижній б'єфі, що забезпечують сприятливі умови, для водних екосистем;
- збереження популяцій і угруповань гідробіонтів, що жили раніше у водоймі;
- збагачення фауни за рахунок видів, пристосованих до існування у наново створеному водоймищі;
- запобігання забрудненню водного середовища;
- збереження незарегульованих ділянок ріки, створення спеціальних біотопів, мікрозаповідників для рідкісних і зникаючих видів.

У певних природних умовах, особливо в посушливих регіонах, зонах напівпустель і пустель після будівництва водоймищ значно поліпшуються умови проживання, що сприяє збагаченню тваринного світу, зокрема ссавців і птахів. Гідровузли в пониззі рік, перепиняючи шлях до нерестовищ, створюють несприятливі умови для прохідних і напівпрохідних риб, що є одним із серйозних негативних факторів їх впливу на екосистему. Для зниження несприятливих впливів до складу таких гідровузлів включають рибоходи, будуються риборозплідні господарства й ін.

Замулення водоймищ викликається відкладенням у них наносів з річковою водою, переробкою берегів. Процес замулення залежить від гідрологічних умов, параметрів водоймища, режимів експлуатації, фізико-механічних властивостей наносів. Комплекс заходів щодо зменшення замулення водоймищ включає виконання протиерозійних заходів на площі водозбору (відновлення й охорону лісів, збереження луків та ін.) і в межах водоохоронної зони водоймища, інженерних заходів зі зменшення переробки берегів, запобігання обваленню берегів, зсувним процесам, видалення наносів з водоймища, в основному шляхом промивання через спеціальні глибинні отвори в греблях.

Можливість втрати археологічних та історичних пам'яток на території, затоплюваній водоймищами, і в зоні переробки берегів є одним з негативних факторів їх створення. Для збереження історичних пам'яток у ряді випадків застосовується інженерний захист територій, де перебувають пам'ятники, або окремих пам'яток від затоплення, підтоплення, розмиву. Так, захисна дамба довжиною 30 км на лівому березі Канівського водоймища, захистивши велику територію, дозволила зберегти також пам'ятники археології на цій ділянці. Усі роботи з вивчення, збереження пам'яток повинні бути проведені в повному обсязі до заповнення водоймища.

Під час експлуатації водоймища необхідний постійний контроль археологічних служб із метою виявлення, дослідження й у необхідних випадках захисту раніше невідомих пам'яток археології, які проявляються в результаті переробки й розмивів берегової зони [27].

Будівництво як великих, так і малих ГЕС повинно супроводжуватись реалізацією рибозахисних заходів, основною задачею яких є:

- унеможливлення попадання риб в гідротурбіни;
- мінімізацію пошкоджень риби в гідротурбінах при її потраплянні туди;

- створення можливості мігрування риби на нерест у верхів'я річок.

Основними рибозахисними заходами при будівництві та експлуатації ГЕС є:

- застосування рибозахисних споруд;
- будівництво рибопропускних споруд для створення можливості міграції риби;
- застосування більш безпечних для риби типів гідротурбін.

Рибозахисні споруди – це окремі споруди або частини водозабірної пристрою ГЕС, призначені для запобігання попаданню, травмуванню та загибелі личинок і молодих риб на водозаборах і відведення їх у життєздатному стані в безпечне місце водойми для природного господарського виробництва або господарського використання.

Рибопропускні споруди – це спеціальні гідротехнічні споруди, які призначені для безпечної міграції риб з верхнього б'єфу гідровузла до нижнього і у зворотному напрямку.

Зведення на річці гідровузлів є великою перешкодою для міграції риби і в деяких випадках тягне за собою її припинення. Зараз в світі вимоги до збереження біологічних ресурсів водотоків зростають і на деяких раніше побудованих ГЕС зводять рибопропускні споруди.

Серед різних гідротехнічних споруд, здатних порушити природні умови довкілля, місць відтворення і шляхів міграції, на першому місці, безумовно, стоять греблі, а також різні водозабори. Вплив цих споруд спостерігається у наступному:

- перегороджується шлях міграції або періодичних пересувань риб, внаслідок чого відсікаються від місця нересту риб, які розташовані у верхньому б'єфі, і відповідно скорочується відтворення рибного стада;

- знищуються місця нересту в верхньому б'єфі в місцях колишніх проточних ділянок річок і заплав, які перетворюються практично в стоячі водойми, де розмноження риби, які проводять ікрометання в проточній воді, стає неможливим – це має вплив на прохідних риби, якщо навіть вони пройдуть через греблю;
- погіршуються умови зворотного ската молоді. Основний скид води в нижній б'єф проводиться зазвичай через агрегати ГЕС, призначені для виробництва електроенергії, що мимоволі призводить до загибелі частини молоді при проходженні гідроагрегатів. Скидання ж води через водоскидні отвори греблі проводиться головним чином в період весняних і в меншій мірі осінніх паводків;
- скорочуються площі нересту і корму риби нижче греблі, зокрема, в гирлових ділянках річок, якщо гребля регулює стік, затримує паводки і знижує їх піки, якщо частина води вилучається на зрошення і водопостачання.;
- змінюються гідрологічні та гідробіологічні умови річки в верхньому і нижньому б'єфах в разі утворення на річці регульованого водосховища: змінюються терміни паводків, температура води, швидкості течії, сольовий склад, перенесення органічних елементів тощо. Це позначається на умовах життя напівпрохідних риби в гирлах річок і прісноводних затоках.

Рибопропускні споруди є основним інженерним заходом для збереження рибних запасів в тих випадках, коли вище створу гідровузла є (і зберігаються) нерестовища.

Рибопропускні споруди підрозділяють на 2 основні групи:

- споруди для самостійного проходу риби через перешкоди (непримусові рибопропускні споруди) – рибоходи;

- споруди для переміщення риби (примусові рибопропускні споруди) – рибопропускні шлюзи і рибопідйомники.

Для забезпечення нормальної роботи рибопропускних споруд необхідно дотримуватися таких умов:

1. Для заманювання риби до входу в рибохід з верхнього б'єфу в нижній, необхідно подавати значну витрату води, а швидкість води в цьому місці повинна бути на рівні швидкості течії води в річці. Вхід у рибохід слід розташовувати таким чином, щоб риба могла легко його знайти.
2. Вхід в рибопропускні споруди треба розташовувати на такій ділянці русла нижче греблі, де швидкість течії прийнятна для даного виду риб. Краще розташовувати вхід на ділянці природного русла, а не в зоні затоплених берегів. Бажано перед входом споруджувати дамби або інші пристрої, що направляють риб до входу. З входу в рибопропускні споруди повинен виходити потік води з оптимальною для даного виду риб швидкістю (що повертає потік).
3. Швидкість течії води по рибоходу слід створювати в залежності від виду риби, що йде по рибоходу, щоб риба могла її подолати.
4. Розміри окремих конструктивних частин рибоходів необхідно вибирати в залежності від виду риб, які його проходитимуть. Тому ширину, довжину окремих басейнів (ступенів), ухил дна, відстані між басейнами для відпочинку риб, розміри впливних отворів і т. д. слід призначати в кожному окремому випадку спеціально.
5. При влаштуванні рибопідйомників розміри підхідного лотка і камер рибоприймача необхідно створювати з урахуванням виключення травмування риби при підйомі її з нижнього б'єфу в верхній.

6. Робота підйомних та інших механізмів повинна бути по можливості безшумною, щоб не відлякувати рибу від споруди.

Рибоходи являють собою лотки або невеликі канали, за якими з верхнього б'єфу в нижній тече вода, а в зворотному напрямку піднімається риба. Для того щоб риба могла долати зустрічну течію, швидкість руху води в лотку створюють в певних межах, перевірених дослідним шляхом.

Для направлення риби до входу в рибопропускні спорудження в нижньому б'єфі застосовують направляючі і загороджувальні пристрої. Вони являють собою тенета або решітки, розташовані під кутом до напрямку течії води, причому їх верхній кінець розташовують біля входу у рибохід, а у нижнього кінця залишають конічної форми отвір, через який риба, яка рухається вгору пройти не може, а риба, яка скачується вниз проходить вільно.

Негативним наслідком проходу риби через гідроспоруди, зокрема турбіни, є те, що частина риби отримує пошкодження і гине. Щоб зменшити шкоду, що наноситься рибі в елементах ГЕС, в світі з 1990-х рр. ведеться розробка особливих турбін для ГЕС - fish-friendly (дружній до риби). Такі турбіни відрізняються особливістю геометрії з осьовим напрямком потоку, які покращують прохід риби, а також сприятливі гідродинамічні параметри для того, щоб забезпечити потрібний тиск води при проходженні риби через турбіну і при цьому мінімізувати її контакт з компонентами обладнання [1].

Крім гідротурбін, які убезпечують рибу при її проходженні крізь турбіну, також застосовуються гідротурбіни, які унеможливають таке проходження. В конструкції таких турбін передбачені елементи, які перешкоджають потрапляння риби до турбіни.

При використанні турбін, які унеможливають потрапляння риби до їх конструктивних елементів, також застосовуються спеціальні конструктивні елементи у греблях, які направляють рибу в обхід турбіни[7].

ВИСНОВКИ

В роботі розглянуто особливості функціонування гідроенергетики України, характеристика основних технологічних процесів у гідроенергетиці, основні фактори впливу об'єктів електроенергетики на довкілля: атмосферне повітря, водні та земельні ресурси, сучасний стан, проблеми та перспективи розвитку.

XX століття характеризується швидким розвитком гідроенергетики, що використовує відновлювальні гідроенергетичні ресурси і одночасно комплексно вирішує проблеми водопостачання, зрошення, захисту від повеней, рекреації та ін.

На рівні 2000 року в світі освоєно біля 32% економічно ефективного гідроенергетичного потенціалу і на ГЕС вироблено 2650, а у 2008 р. – 3350 млрд. кВт·год (на 26% більше), максимальна висота гребель збільшилась до 300 м, корисна ємкість великих водоймищ складає десятки кубічних кілометрів, а ГЕС «Три ущелини» у Китаї досягла потужності 18,2 млн. кВт. У багатьох випадках ГЕС та їх каскади стали ядром великих водогосподарських й територіально-виробничих комплексів, які забезпечують зростання економіки й покращення соціальних умов у слаборозвинутих країнах.

ГЕС поділяються залежно від:

- потужності: високонапірні — потужні — виробляють від 25 МВт до 250 МВт і вище; середні — до 25 МВт; малі — більше 1 МВт, але не перевищує 10 МВт;
- максимального використання напору води: високонапірні — понад 60 м; середньонапірні — від 25 м; низьконапірні — від 3 до 25 м;

- принципу використання природних ресурсів: • гребельна схема; дериваційна схема; комбінована схема; ГАЕС.

До позитивних наслідків впливу ГЕС та їхніх водойм можна віднести:

- забезпечення населення водою, водопостачання комунального господарства й промисловості;
- забезпечення зрошення, сільськогосподарського водопостачання;
- захист від повеней;
- регулювання паводків;
- рибогосподарське й інші види використання природних ресурсів водоймищ;
- рекреаційне використання водоймищ ГЕС;
- пом'якшення клімату;
- забезпечення гарантованого санітарно-екологічного попуску в нижній б'єф у меженний період маловодних років для недопущення погіршення санітарноепідемічних і екологічних умов.

Використання ГЕС призводить не тільки до позитивних наслідків, але й до негативних, які завдають непоправимої шкоди водним екосистемам, порушують їх умови, погіршують якість води, зменшують біопродуктивність. Наслідки гідротехнічного будівництва на екосистеми водних об'єктів можна поділити на такі типи:

- морфометричні – зміна окреслення та протягу берегових ліній, перерозподіл глибин, зміна площі-водного дзеркала;
- гідрофізичні – збільшення та зменшення водності, перерозподіл водного стоку у просторі та часі, зміна швидкості течії, зміна водообміну та терморезиму;
- гідрохімічні – зміна загальної мінералізації та іонного вмісту, зміна газового (кисневого) режиму, збільшення вмісту органічних та біологічних речовин;

- токсикоекологічні та радіоекологічні параметри: збільшення вмісту важких металів, пестицидів, радіонуклідів, збільшення індексів біотестів;
- гідробіологічні та біопродуктивні параметри: зміна флори та фауни, в тому числі зменшення рідкісних, цінних та важливих господарських видів, розвиток шкідливих видів, поява цвітіння води, заростання та заболочення водоймищ, погіршення умов самоочищення.

Економічна ефективність будівництва ГЕС у порівнянні з альтернативними варіантами у майбутньому продовжуватиме зростати, не дивлячись на значні початкові капіталовкладення, враховуючи у першу чергу великі експлуатаційні витрати електростанцій на органічному паливі, пов'язані з неухильним зростанням цін на паливо, й зростаючі витрати на захисні та природоохоронні заходи у зв'язку із посиленням екологічних нормативів. При комплексному використанні водосховищ ГЕС у багатьох випадках відсутня альтернатива розв'язання проблем водопостачання, зрошення, захисту від паводків, окрім шляху створення водосховищ. При цьому найважливішою проблемою розвитку гідроенергетики є мінімізація негативних наслідків для навколишнього середовища.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Енергоефективність та відновлювана енергетика: плани та ініціативи на 2016 р.: Презентація. / Держенергоефективність України // URL: <http://saee.gov.ua/sites/default/files/Plan2016.pdf>.
2. Кучерявая И.Н., Сорокина Н.Н. Современное развитие мировой гидроэнергетики. // Гидроэнергетика Украины. 2014. № 14. С. 55 – 64.
3. Сидоров В.І. Технології гідро- та вітроенергетики. Черкаси: Вертикаль, видавець Кандич С. Г., 2016. 166 с.
4. Львов Л.В., Федоров М.П., Шульман С. Надежность и экологическая безопасность гидроэнергетических установок. Санкт-Петербург: Изд. СПбГТУ, 1999. 440 с.
5. Бурячок Т.О., Буцьо З.Ю., Варламов Г.Б., Дубовської С.В., Жовтянський В.А. Електроенергетика та охорона навколишнього середовища. Функціонування енергетики в сучасному світі / Наук. ред. В.Н. Клименко, Ю. О. Ландау, І.Я. Сігал. 2013. 390 с.
6. Про затвердження Методики (порядку) формування плати за приєднання до системи передачі та системи розподілу: Постанова від 18.12.18 р. № 1965 // База даних «Законодавство України» / ВР України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v1965874-18> (дата звернення 20.11.2019)
7. Оценка воздействия объектов энергетики на окружающую среду / Г. А. Белявский, Г. Б. Варламов, В. В. Гетьман и др. Х.: ХГАГХ, 2002. 369 с.
8. Маляренко В.А. Енергетика и Навколишнє середовище: монографія. Х.: САГА, 2008. 364 с.
9. Суходоля О.М., Сидоренко А.А. Бегун С.В., Білуха А.А., Сучасний стан, проблеми та перспективи розвитку гідроенергетики України. Аналітична доповідь. НІСД, 2014. 54 с.

10. Вихорев Ю., Юхнов Ю. Про розвиток малої енергетики в Україні / Проблеми енергозбереження, вип. 31. 1990.
11. Програма розвитку гідроенергетики України на період до 2026 р.: Розпорядження КМУ від 13.07.16 р. № 552-р// База даних «Законодавство України» / ВР України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/552-2016-%D1%80> (дата звернення 20.11.2019)
12. Карамушка О.М. Мала гідроенергетика України. Стратегія та поточні проблеми розвитку. Погляд Асоціації «Укргідроенерго»//Гідроенергетика України. 2012. № 4. С. 52–55.
13. Про ринок електричної енергії: Закон від 17.11.2019 р. № 2019-VIII// База даних «Законодавство України» / ВР України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2019-19#n1784> (дата звернення 20.11.2019)
14. Про внесення змін до деяких законів України щодо плати за приєднання до мереж суб'єктів природних монополій: Закон від 22.06.12 р. № 5021-VI// База даних «Законодавство України» / ВР України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5021-17> (дата звернення 20.11.2019)
15. Про затвердження Кодексу систем розподілу: Постанова від 14.03.18р. № 310// База даних «Законодавство України» / ВР України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v0310874-18> (дата звернення 25.11.2019)
16. За рахунок дніпровських гес укренерго збільшило резерв активної потужності для автоматичного балансування енергосистеми до 792 мвт: УКРЕНЕРГО національна енергетична компанія: URL: <https://ua.energy/osnovni-podiyi/za-rahunok-dniprovsykh-ges-ukrenergo-zbilshylo-rezerv-aktyvnoyi-potuzhnosti-dlya-avtomatychnogo-balansuvannya-energositymy-do-792-mv/> (дата звернення 20.11.2019)

17. Шевченко В.І., Півень Л.З. Енергетика України: який шлях обрати, щоб вижити (незалежне дослідження електроенергетики). Київ: Видавничий центр "Просвіта", 1999. 186 с.
18. Ландау Ю., Сиренко Л. Гідроенергетика та навколишнє середовище. Київ: Лібра, 2004. 264 с.
19. Соловей О.І, Лега Ю.Г, Розен В.П та ін. Нетрадиційні та поновлювальні джерела енергії / Черкаси: Вид. ЧДТУ, 2007. 483 с.
20. А. Н. Криволапов [и др.] Эффективное энергоиспользование и альтернативная энергетика / ред. А. К. Шидловский. К.: Українські енциклопедичні знання, 2000. – 302с.
21. Базеєв Є.Т., Білека Б.Д., Васильєв Є.П., Варламов Г.Б., Вольчин І.А., Дашкієв Ю.Г. Розвиток теплоенергетики та гідроенергетики / Наук. ред. В.М. Клименко, Ю.О. Ландау, І.Я. Сігал. 2013. 399 с.
22. Іванук Р.І. Економічні проблеми розвитку паливно-енергетичного комплексу України // Економіка України. 1995. № 2 -С. 38 – 43.
23. Маляренко В.А. Енергетика и Навколишнє середовище: монографія. Х.: САГА, 2008. 364 с.
24. Стефанишин Д.В. Прогнозування аварій на греблях в задачах оцінки й забезпечення їх надійності // Гідроенергетика України. 2011. № 3-4. С. 52–60.
25. Електроенергетика в современном мире: Самые крупные аварии на ГЭС. URL: <http://myelectro.com.ua/98-gidroenergetika/132-samye-krupnye-avarii-na-ges> (дата звернення 11.11.2019)
26. Костюковский Б.А., Парасюк Н.В., Шульженко С.В. Шляхи вирішення проблем гідроенергетики. 2009. – 30 с.
27. Маляренко В. А., Охрименко В. В. Альтернативная энергетика и окружающая среда // Коммунальное хозяйство городов. К.: Техніка, 2001. Вып. 27. С. 263–269.