

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ГУМАНІТАРНО-ПЕДАГОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ  
КАФЕДРА ЕКОЛОГІЇ ТА БІОЛОГІЧНОЇ ОСВІТИ

ДИПЛОМНА РОБОТА  
БАКАЛАВРА

Енергетичний потенціал малих ГЕС та їх вплив  
на екосистемні послуги річок Карпатського регіону

Галузь знань – *10 Природничі науки*

Спеціальність – *101 Екологія*

ДРЕКОЛ.019120.01.01.00

Виконав: студентка 4 курсу,

групи ЕКОЛ-19-1

\_\_\_\_\_ Ганна КРАСНОЩОК

Керівник

\_\_\_\_\_ Ольга ЄФРЕМОВА

Нормоконтролер

\_\_\_\_\_ Борис АРТАМОНОВ

До захисту допускаю:

Зав. кафедри

\_\_\_\_\_ Наталія МІРОНОВА

\_\_\_\_\_ 2023 р.

Хмельницький 2023

Факультет – Гуманітарно-педагогічний  
Кафедра – Екології та біологічної освіти  
Освітній рівень – перший (бакалаврський)  
Галузь знань – 10 «Природничі науки»  
Спеціальність – 101 «Екологія»  
Освітньо-професійна програма – «Екологія»

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри екології  
та біологічної освіти

Наталія

МІРОНОВА  
13 квітня 2023 р.

## ЗАВДАННЯ НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ

Краснощок Ганні Володимирівні

1. Тема роботи Енергетичний потенціал малих ГЕС та їх вплив на екосистемні послуги річок Карпатського регіону

керівник роботи Єфремова Ольга Олексіївна, кандидат технічних наук, доцент

Затверджено наказом ректора університету від 01.03.2023 р. № 5

2. Строк подання здобувачем роботи на кафедру 13.06.2023 р.

3. Вихідні дані до роботи річки Карпат України та їх гідроенергетичний потенціал

4. Зміст дипломної роботи 1. Сучасний стан розвитку малої гідроенергетики в Україні. 2. Загальна характеристика та особливості малих гідроелектростанцій. 3. Вплив малих ГЕС на екосистемні послуги річок Карпатського регіону.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів (розділів) дипломної роботи	Термін виконання етапів	Примітка
1	Сучасний стан розвитку малої гідроенергетики в Україні	01.05-10.05.2023	
2	Загальна характеристика та особливості малих гідроелектростанцій	11.05-21.05.2023	
3	Вплив малих ГЕС на екосистемні послуги річок Карпатського регіону	22.05-04.06.2023	
4	Оформлення роботи	5.06-12.06.2023	

Дата видачі завдання: 01.05.2023 р.

Здобувач \_\_\_\_\_ Ганна КРАСНОЩОК

Керівник \_\_\_\_\_ Ольга ЄФРЕМОВА

## АНОТАЦІЯ

Тема – Енергетичний потенціал малих ГЕС та їх вплив на екосистемні послуги річок Карпатського регіону.

Автор – студ. ЕКОЛ-19-1 Г.В. Караснощок.

Керівник – доцент, доцент кафедри екології, канд. техн. наук О.О. Єфремова.

Дипломна робота викладена на 54 сторінках, містить 2 таблиці, 13 рисунків та перелік джерел посилання з 30 найменувань.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** ГІДРОЕНЕРГЕТИКА, МАЛІ ГІДРОЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ, РІЧКИ КАРПАТ, ЕКОСИСТЕМНІ ПОСЛУГИ.

Досліджено сучасний стан розвитку малої гідроенергетики в Україні, наведена характеристика та особливості малих ГЕС, проаналізовано гідроенергетичний потенціал річок Карпат та їх екосистемні послуги. Визначено вплив малих ГЕС на екосистемні послуги річок Карпатського регіону.

12.06.2023 р.

Ганна Краснощок

## ЗМІСТ

	С.
Вступ.....	5
1 Сучасний стан розвитку малої гідроенергетики в Україні.....	8
2 Загальна характеристика та особливості малих гідроелектростанцій.....	17
2.1 Загальна характеристика малих гідроелектростанцій.....	17
2.2 Особливості малих гідроелектростанцій.....	30
2.3 Гідроенергетичний потенціал річок Карпат.....	33
3 Вплив малих ГЕС на екосистемні послуги річок Карпатського регіону.....	38
3.1 Екосистемні послуги річок.....	38
3.2 Вплив малих ГЕС на екосистемні послуги гірських річок.....	44
Висновки.....	47
Перелік джерел посилання.....	50

## ВСТУП

Останнім часом увага світової спільноти все більше зосереджується на нетрадиційних та відновлюваних джерелах енергії, як одному з важливих аспектів сталого розвитку. Здійснюються пошуки нових технологій та вдосконалення існуючих, з метою досягнення їх економічної ефективності та розширення сфери їх використання. Основними факторами, які викликають такий інтерес, є очікуване вичерпання запасів традиційних органічних палив, різке зростання їх ціни, недосконалість та низька ефективність технологій, що також використовують для їх отримання, а також шкідливий вплив на довкілля. Збільшення обсягів використання відновлюваних джерел енергії має негативний вплив на глобальні енергетичні проблеми, такі як декарбонізація економіки, зменшення викидів парникових газів та забруднення навколишнього середовища. Враховуючи зростаючий попит на енергію та потребу в енергетичній безпеці, розвиток відновлюваних джерел енергії може забезпечити стабільні, екологічно чисті та доступні джерела енергії для різних секторів економіки та суспільства.

Україна за останні роки зазнала значної енергетичної кризи, що підсилює інтерес до використання відновлювальних джерел енергії. Серед них одним із найперспективніших є мала гідроенергетика. Ця форма енергії дозволяє ефективно використовувати потенціал гідроенергії невеликих та середніх річок і дає можливість забезпечити електропостачання віддалених районів або населених пунктів. Відновлювані джерела енергії передбачають природокористування, яке має враховувати вартість екосистемних послуг при плануванні господарської діяльності, при здійсненні оцінки впливу на довкілля та визначенні шкоди заподіяної навколишньому середовищу.

Дослідження та покращення екосистемних послуг є актуальним напрямком сучасної науки та екологічної політики багатьох країн світу. Концепцію екосистемних послуг на сьогодні визнано як один з головних

інструментів відновлення екосистем, їх збереження та регулювання використання.

Карпатський регіон з точки зору розвитку малої гідроенергетики є перспективним, але при оцінці гідроенергетичного потенціалу не враховується на належному рівні шкода довкіллю. Тому в нинішніх умовах перед малою гідроенергетикою постає завдання створення ГЕС з максимально можливим збереженням природного середовища річки. Будівництво малих ГЕС потребує визначення потенціалу гідроенергетичних ресурсів малих річок із врахуванням їх екосистемних послуг. Саме тому актуальними залишаються дослідження, спрямовані на визначення гідроенергетичного потенціалу малих річок України, в тому числі річок Карпат, із врахуванням екосистемних послуг, що і зумовило актуальність обраного дослідження.

Метою дипломної роботи є вивчення та аналіз енергетичного потенціалу малих ГЕС та їх впливу на екосистемні послуги річок Карпатського регіону. Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити такі завдання:

- дослідити сучасний стан розвитку малої гідроенергетики в Україні;
- вивчити та проаналізувати загальні характеристики та особливості малих гідроелектростанцій;
- дослідити і проаналізувати екосистемні послуги малих річок Карпат та вплив на них малих ГЕС.

Об'єкт дослідження: мала гідроенергетика та екосистемні послуги річок Карпатського регіону.

Предмет дослідження: вплив малих ГЕС на екосистемні послуги річок Карпатського регіону.

Методи дослідження. Теоретичною та методологічною основами дослідження є праці вітчизняних та закордонних вчених у сфері гідроенергетики. Теоретичні та методологічні розробки щодо оцінки впливу

на довкілля функціонування малих гідроелектростанцій. У роботі були використані загальнонаукові методи дослідження.

Практичне значення одержаних результатів. Результати дослідження, узагальнення та висновки про енергетичний потенціал малих ГЕС та їх вплив на екосистемні послуги річок Карпатського регіону можуть бути використані у фаховій підготовці екологів у закладах вищої освіти при викладанні дисциплін «Екологічний контроль та охорона водних ресурсів», «Загальна екологія».

## **1 СУЧАСНИЙ СТАН РОЗВИТКУ МАЛОЇ ГІДРОЕНЕРГЕТИКИ В УКРАЇНІ**

Процес отримання якісної і чистої енергії є однією з найбільш важливих потреб людства, що впливає практично на всі сфери життя, в тому числі економіку, навколишнє середовище та розвиток суспільства.

Велике значення для підвищення енергозабезпечення споживачів мають можливості освоєння потенціалу малих річок з використанням малих гідроелектростанцій (МГЕС). Малі ГЕС є особливо ефективними, тому вони можуть бути встановлені на існуючих гідротехнічних спорудах. Мала гідроенергетика є одним із технологічно освоєних методів виробництва електроенергії, який має надійне відновлення джерела енергії і найнижчу собівартість виробництва електроенергії серед традиційних та багатьох нетрадиційних технологій.

Термін «мала гідроенергетика» охоплює невеликі гідроелектростанції, які знаходяться на малих і середніх річках. Проте, якщо розглядати загальну масштабність, «мала» гідроенергетика виявилася не просто конкурентоздатною з «великою» гідроенергетикою, але й перевершила її за обсягом виробленої електроенергії. Вона може значно зменшити питому вагу основних конкурентів на ринку, які працюють на ядерному та традиційному паліві, зокрема на природному газі. Мала ГЕС, як правило, краща з екологічної точки зору, зокрема, не потрібно створювати великих водосховищ і відповідно великих площ затоплення [1].

Згідно Закону України «Про електроенергетику» потужність малої ГЕС не перевищує 10 МВт [2]. Відповідно до сучасної міжнародної класифікації за нормативом ООН, до малих гідроелектростанцій (МГЕС) відносять гідроелектростанції потужністю від 1 до 30 МВт, до міні ГЕС – від 100 до 1000 кВт, до мікро ГЕС – не більше 100 кВт [3, 4]. У світовій практиці існують різні підходи до класифікації малих ГЕС (табл.1.1.).

Таблиця 1.1 – Класифікація ГЕС малої потужності у світовій практиці [5]

Тип ГЕС Країни та організації	Малі ГЕС, кВт	Міні-ГЕС, кВт	Мікро-ГЕС, кВт
1	2	3	4
IN-SHP (Міжнародна мережа малої гідроенергетики)	501-10000	101-500	<100
UNIDO (Організація розвитку промисловості об'єднаних націй)	2001-10000	101-2000	<100
ESHA (Європейська асоціація малої гідроенергетики)	<15000	-	-
OLADE (Латиноамериканська енергетична організація)	501-5000	51-500	<50
Китай	501-50000	101-500	<100
Швеція	101-15000	-	-
США	<15000	501-2000	<500
Індія	<25000	<2000	<100
В'єтнам	501-5000	51-500	<50
Японія	<10000	-	-
Франція	2001-8000	501-2000	<500
Індонезія	<5000	-	-
Норвегія	<10000	-	-
Канада	<30000	<1000	-
Аргентина	<5000	<1000	-
Бразилія	<10000	-	-
Італія	<3000	-	-
Україна	<10000	<1000	<200

Наразі відсутнє загальноприйняте для всіх країн поняття малої гідроелектростанції. В багатьох країнах за основну характеристику такої гідроелектростанцій прийнята їх встановлена потужність, згідно якої ГЕС розподіляються на [5]:

- потужні ГЕС – більше 1000 МВт;
- середні ГЕС – від 30 МВт до 1000 МВт;
- малі ГЕС – від 1 МВт до 30 МВт;
- міні ГЕС – від 100 кВт до 1 МВт;
- мікро ГЕС – менше 100 кВт.

Верхня межа потужності малої ГЕС в різних країнах оцінюється по різному, вона залежить від рівня розвитку енергетичного господарства країни, обсягів оборотного капіталу і прийняття програм структурування малої гідроенергетики. Умовними також є границі між малими, міні та мікро ГЕС.

Гідроелектростанції також поділяються за максимальним використанням води [6]:

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

В залежності від напору води застосовують різні види турбін. Так, для високонапірних гідроелектростанцій використовують ковшові і радіально-осьові турбіни з металевими спіральними камерами. Для середньонапірних встановлюють поворотнолопатні і радіально-осьові турбіни, а на низьконапірних – поворотнолопатні турбіни в залізобетонних камерах.

За принципом роботи всі види турбін схожі, при якому вода обертає турбіни, механічна енергія обертання турбін передається на електрогенератор, який і виробляє електроенергію. Турбіни розрізняються за деякими технічними характеристиками, а також камерами – залізними або залізобетонними, і розраховані на різний натиск води [5, 7].

ГЕС також розділяються в залежності від принципу використання природних ресурсів, і, відповідно, концентрації води, що утворюється. Тут можна виділити наступні види ГЕС: руслові, пригреблеві, дериваційні, а також гідроакумуючі.

Насьогодні 1,2 млрд. людей (17 % від загального населення планети) не мають доступу до електроенергії. Організація об'єднаних націй визнала екологічно чисту енергію та доступ до неї ключовим елементом розвитку. Згідно цілей сталого розвитку, доступ до електроенергії є сьомою ціллю. Крім того, чиста енергія є невід'ємним елементом і інших ЦСР, включаючи ліквідацію злиднів, забезпечення якіс-ної освіти, покращення умов навколишнього сере-довища та боротьбу зі змінами клімату [8].

Зважаючи на зміни клімату та сучасний геополітичний стан зростає потреба у чистих і надійних джерелах енергії, які забезпечать енергетичну диверсифікацію і незалежність.

З глобальної точки зору, гідроенергія є найбільш поширеним джерелом відновлюваної енергії з загально встановленою потужністю на всіх шести континентах 1,2 ТВт [8].

Однак, при недотриманні відповідних вимог проектування та планування проєктів гідроелектростанцій можуть відбуватися негативні впливи на навколишнє середовище. Стабільний розвиток станцій має ґрунтуватись на принципах балансу економічного і соціального розвитку із дотриманням вимог охорони навколишнього середовища. Такий розвиток має забезпечити електрифікацію сільських районів, загальний і стійкий розвиток промисловості із скороченням викидів парникових газів та вирубки лісів.

За даними «Міжнародного центру малої гідроенергетики» у 148 країнах світу ефективно використовується мала гідроенергетика (МГЕ). Загальна встановлена потужність МГЕ у світі становить майже 79 ГВт, а станом на 2021 рік освоєно до 38,0 % загального світового потенціалу МГЕ.

Мала гідроенергетика на сучасний період займає 4 місце за рівнем розвитку з найбільш важливих джерел відновлюваної енергії після великої гідроенергетики, вітрової та сонячної енергетики.

Ступінь розвитку сектору малої гідроенергетики залежить від природних умов, загального рівня освоєння відновлюваних джерел енергії та

рівня розвитку країни в цілому. Максимальний рівень використання можливостей та переваг гідроенергетики належить таким економічно розвиненим регіонам, як Північна Америка, Європа та Китай.

На найближчі 50 років згідно стратегії розвитку світової енергетики до 2040 року буде вироблятися з відновлюваних джерел енергії, а в кінці 21-го століття – 85 %. Що дає гарні перспективи й для розвитку малої гідроенергетики.

Згідно вимог Європейського Союзу частка відновлюваних джерел енергії у загальному національному виробництві електричної енергії повинна бути не менше 6 %, що у сукупності із великою гідроенергетикою повинна становити не менше 12 %.

За статистичними даними в Україні станом на 2020 рік частка відновлюваних джерел енергії становила 7,3 %, частка великої гідроенергетики – 5,1 %, що разом становить 12,4 % «зеленої» енергетики в загальному балансі.

Для забезпечення використання відновлюваного потенціалу малих річок Карпатського регіону як альтернативного джерела енергії та сприяння розширенню його використання у паливно-енергетичному комплексі, необхідні екологічні та організаційні заходи. Це допоможе досягти економічного використання традиційних паливно-енергетичних ресурсів та зменшення залежності України від їх імпорту шляхом збільшення частки електричної енергії, виробленої екологічно чистими об'єктами енергетики, такими як малі гідроелектростанції.

Такий підхід також сприятиме запобіганню виникненню надзвичайних природних ситуацій, можливості регулювання та контрольованого захисту від повеней. Це є важливою складовою створення екологічно та техногенно безпечних умов для життєдіяльності суспільства і, отже, є невід'ємною частиною державної політики національної безпеки.

Реалізація гідроенергетичного потенціалу малих річок України має важливе значення для підвищення рівня енергозабезпечення галузей

економіки та населення, зменшення обсягу необхідного імпорту органічних видів палива та покращення соціально-екологічної ситуації в регіонах країни. Збільшення виробництва електроенергії на гідроелектростанціях сприятиме покращенню паливно-енергетичного балансу та зниженню енергоємності ВВП.

Якщо озглядати вплив малих гідроелектростанцій (МГЕС) на біологічні та гідрохімічні процеси, то вони їх не порушують і фактично не викликають змін у природному режимі річок та стані берегів, при цьому сприяють зменшенню ерозії ґрунтів. Тому будівництво і відновлення МГЕС на річках Карпатського регіону може забезпечити можливість регулювання та захисту від повеней.

В Україні зараз діє одна з найпрогресивніших нормативно-законодавчих баз, яка основана на дії законів та регламентів, прийнятих в останні десять років і, які стимулюють розвиток МГЕ.

Задля позитивного розвитку МГЕ в Україні необхідно забезпечити наступне:

- системний, взаємопогоджений підхід щодо організації робіт з питань розробки, технічного обґрунтування та проектно-кошторисної документації;
- організувати виробництво гідроенергетичного обладнання;
- будівництво, реабілітацію та введення в експлуатацію МГЕС;
- вирішення питань власності та проблем соціально-економічного розвитку регіонів в частині енергозабезпечення і раціонального використання водних ресурсів;
- удосконалення соціальних стандартів щодо рівня життя населення.

Щодо проблем у розвитку даної галузі, то основними з них є економічні проблеми, а саме: «зелений тариф» (відсутність зрозумілої методики обґрунтування тарифів на передачу електроенергії до споживачів, цін за спеціальне водокористування), повернення інвестицій, відведення

земель під будівництво МГЕС (виведення з власності), порушення законодавства на етапах врегулювання означених проблем. Є

В Україні головним документом державного значення, в якому прописані етапи і темпи розвитку малої гідроенергетики є «Енергетична стратегія України на період до 2035-го року» [9]. Щодо гідроенергетичного потенціалу малих річок України, то уточнення даних після 1960 року не проводилося [10]. Результати його оцінки на початок 2000-х років висвітлено в [11].

Природоохоронні обмеження, які висуваються на використання гідроенергетичного ресурсу річки наступні [12, 13]:

- на використання території для спорудження гідроелектростанцій (національні природні парки, заповідники, пам'ятки природи, місця покладів корисних копалин та мінеральних вод, історико-культурні території, земельні ділянки спеціального призначення);
- на використання води для виробництва електроенергії малою ГЕС (санітарний попуск, безперервне функціонування рибоходів, межень, повені та паводки, оперативні заходи з регулювання водного потоку через гідроспоруди).

Розрахункові дослідження технічного потенціалу гідроенергетичних ресурсів малих річок України визначили його значення на рівні 1270 млн. кВт•год/рік (375 МВт встановленої потужності малих ГЕС) [14, 15]. Розподіл технічного потенціалу гідроенергетичних ресурсів малих річок України за гідрологічними зонами зображено на рисунку 1.1.

Найбільший технічний потенціал зосереджений в Карпатському регіоні і становить 76 %. Другою за обсягом є Правобережно–Дніпровська гідрологічна зона, відповідно 13 %. Лівобережна частина країни має потенціал у 7 %. Малоперспективною територією для розвитку малої гідроенергетики є Західна та Поліська гідрологічні зони (разом 4 %) [15].



Рисунок 1.1 – Розподіл потенціалу за гідрологічними зонами [15]

На території України експлуатується (станом на початок 2019 року) 154 малих гідроелектростанцій. Їх загальна потужність – 99 МВт, річний обсяг виробництва електроенергії – 250 млн кВт•годин/рік.

Для таких областей, як: Вінницька, Кропивницька, Тернопільська, Хмельницька, Одеська та Чернігівська технічний гідроенергетичний потенціал малих річок практично освоєний, тому збільшення встановленої потужності малих ГЕС не прогнозується. Перспективними є території Закарпатської, Івано-Франківської, Львівської та Чернівецької областей. Розподіл технічного гідроенергетичного потенціалу малих річок за адміністративно-територіальним устроєм наведено на рисунку 1.2.

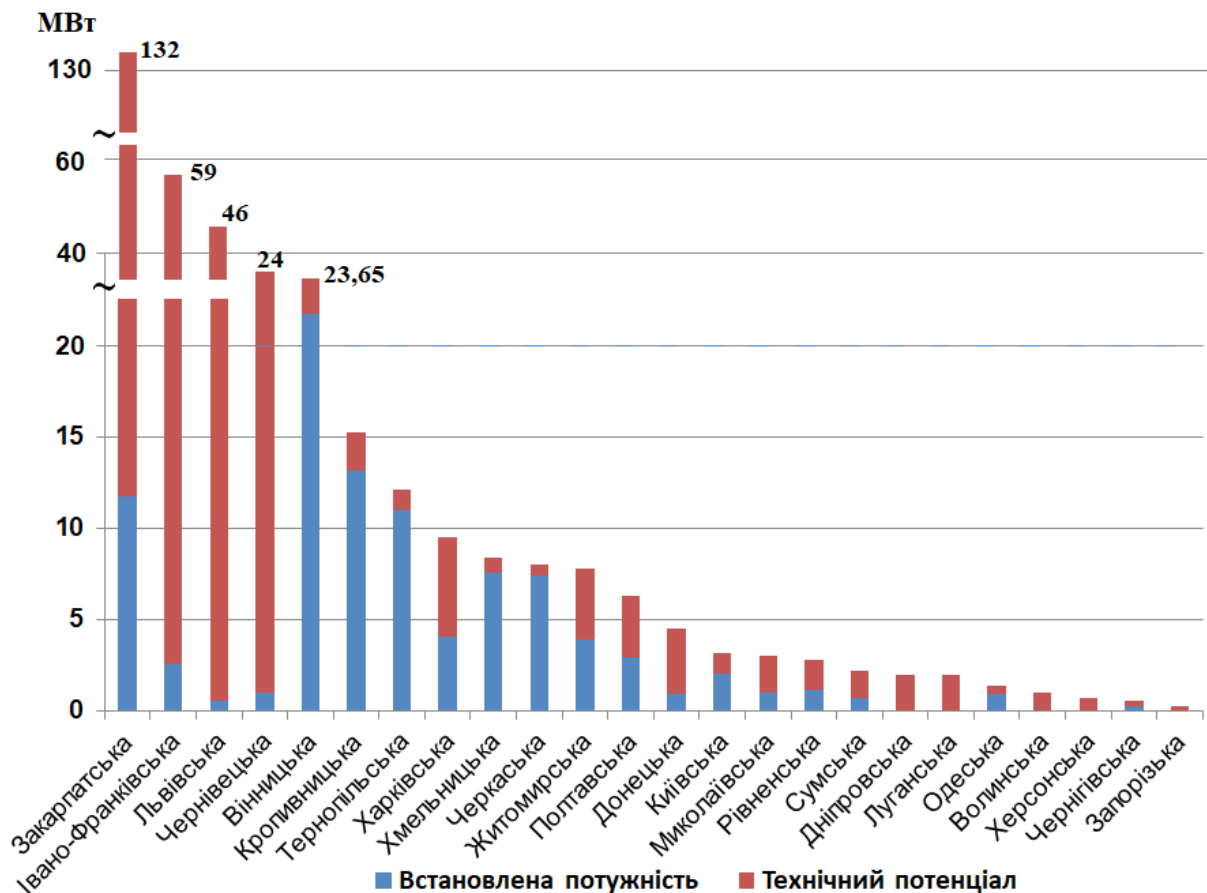


Рисунок 1.2 – Розподіл технічного потенціалу гідроенергетичних ресурсів малих річок та введених в експлуатацію малих ГЕС за адміністративно-територіальним устроєм країни [15]

Аналізуючи вищенаведено, можна констатувати, що на даному етапі наявна достатня кількість досліджень для розробки сучасної концепції регіональних програм розвитку малої гідроенергетики та реалізації заходів Національного плану дій з відновлюваної енергетики. Але, усі плани та розробки через повномасштабне вторгнення росії стоять на паузі, оскільки шкода довкіллю завдана вже на зараз є надзвичайно великою і пріоритетними стають питання вирішення саме цих питань.

## **2 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТА ОСОБЛИВОСТІ МАЛИХ ГІДРОЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ**

### **2.1 Загальна характеристика малих гідроелектростанцій**

Виробництво електроенергії з використанням енергії води вважається добре відпрацьованою і перевіреною технологією. Будь-яких значних проривів щодо технічного удосконалення навряд чи можна очікувати в найближчій перспективі, оскільки існуюча технологія вже зараз характеризується високим рівнем ефективності і надійності. Гідроенергетика в Україні є добре розвинутою і вивченою галуззю.

Малими ГЕС може бути використаний потенціал гідроенергетичних ресурсів малих і середніх річок, окремих ділянок великих річок, а також потенціал гідротехнічних об'єктів неенергетичного призначення: водосховищ, перепадів рівнів ділянок іригаційних каналів, водопровідних споруд, судноплавних каналів, перепадів на відвідних трактах систем технічного водопостачання АЕС, ТЕС, очисних споруд.

За своїм призначенням, режимом роботи і розташуванням в загальній схемі електропостачання споживачів, малі ГЕС поділяються на системні та автономні.

Однією з основних ознак класифікації гідроелектростанцій є встановлена потужність ГЕС. Відповідно до цієї класифікації ГЕС ділять на п'ять категорій: великі, середні, малі, міні, мікро [7].

Верхня межа потужності малих ГЕС залежить від рівнів розвитку енергетичних господарств країни, особливостей проектів малих ГЕС, обсягів оборотного капіталу та програм структурування малої гідроенергетики. Верхня межа потужності малих ГЕС коливається від 1,5 МВт до 30 МВт. Умовними є межі між малими ГЕС і міні-ГЕС, між міні ГЕС і мікро-ГЕС. Крім перерахованих ГЕС, є ще одна категорія малих ГЕС – це мобільні ГЕС. Так, проектування і будівництво малих і міні-гідроелектростанцій (МГЕС)

відбувається за такими ж правилами, що і для великих гідроелектростанцій (ГЕС). Однак, мікро-ГЕС з потужністю кілька десятків кіловат відрізняються від великих ГЕС схемами, складом і компонованням гідротехнічних споруд. Ця категорія ГЕС включає безгреблеві, рукавні, вільно-потоківі, переносні та інші типи компактних і блочних ГЕС.

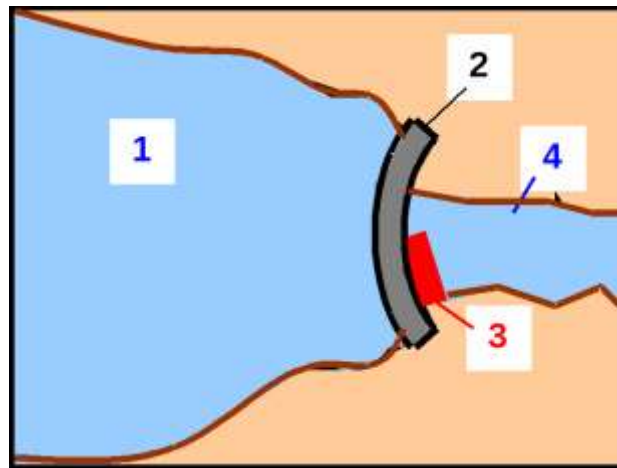
Гідроелектростанції також можна розділити залежно від принципу використання природних ресурсів і концентрації утвореної води. Серед них можна виділити руслові, пригреблеві, дериваційні та гідроакумулюючі ГЕС.

Окрім того, розрізняються інші параметри ГЕС, такі як потужність, розташування, геометрія споруд, способи використання води та інші технічні характеристики, які впливають на їхню ефективність та екологічні аспекти.

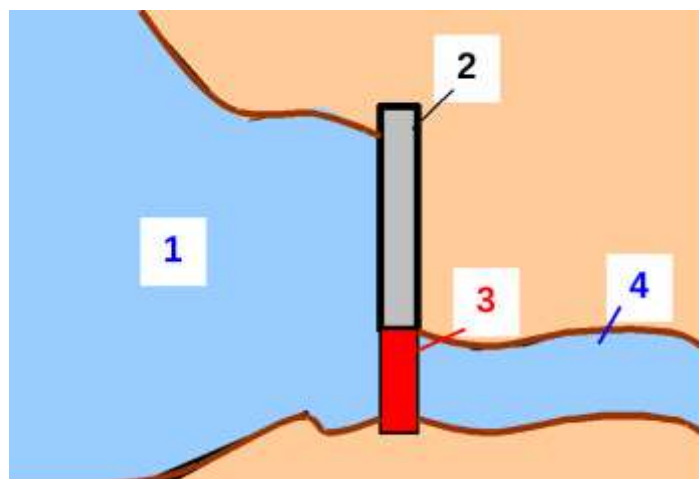
Руслові гідроелектростанції (рисунки 2.1, 2.2) зазвичай є низьконапірними станціями, де напір води формується за допомогою греблі, яка повністю перекриває річку і підвищує рівень води до необхідного рівня. Будівля гідроелектростанції входить до складу греблі і приймає напір води. Такі гідроелектростанції зводяться на повноводних рівнинних або гірських річках, де є вузьке русло з високими берегами [16].

Руслові ГЕС є одним із типів гідроелектростанцій, які гідродинамічно знижують рух енергії річної води для виробництва електроенергії. Вони можуть бути ефективними на річках з великими об'ємами води та достатньою швидкістю течії. Цей тип ГЕС є джерелом відновлювальної енергії, причому природний рух води не змінюється, а викидів вуглецю або інших шкідливих викидів немає.

Проектування та будівництво руслових гідроелектростанцій потребує детального вивчення річкових параметрів, гідрологічних умов, геологічної структури та інших факторів для вибору оптимального місця та конструкції греблі та гідротехнічних споруд.



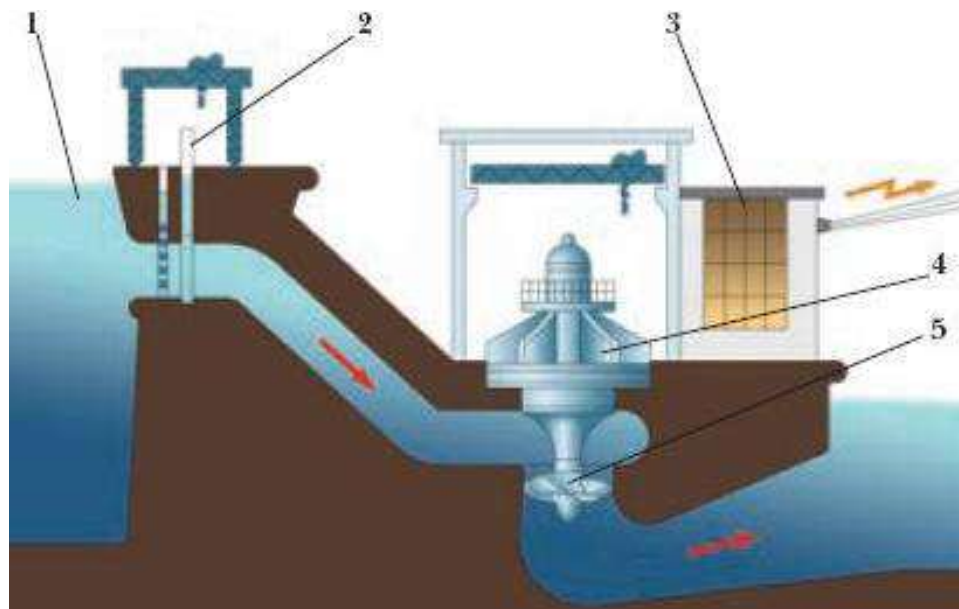
1 – водосховище (верхній б'єф), 2 – бетонна гребля,  
3 – будівля ГЕС (машинний зал), 4 – водоскид  
Рисунок 2.1 – Руслова ГЕС на рівнинній річці [16]



1 – водосховище, 2 – земляна (насипна або наливна) гребля,  
3 – бетонна (водозливна) гребля і будівля ГЕС, 4 – водоскид  
Рисунок 2.2 – Руслова ГЕС на гірській річці [16]

Пригреблеві гідроелектростанції (рисунок 2.3) є високонапірними станціями, де будівництво гідроелектростанції розташовано за греблею в нижній її частині. Вода до турбінної станції постачається через спеціальні напірні лотки або тунелі, а не випадково, як у руслових гідроелектростанціях. Висота греблі в таких ГЕС значно більша, ніж у руслових ГЕС, і іноді можуть бути навіть дві греблі.

Одним з обмежувальних факторів висоти греблі і, водночас, потужності таких гідроелектростанцій є площа затоплення та підтоплення навколишніх земель. Це означає, що для будівництва пригреблевих ГЕС необхідно впливати на довкілля, землі та прилеглі території, які підлягають затопленню. Планування та проектування таких станцій вимагають остаточного вивчення географічних, геологічних та гідрологічних характеристик місцевості для визначення оптимальних параметрів греблі та споруд [16].



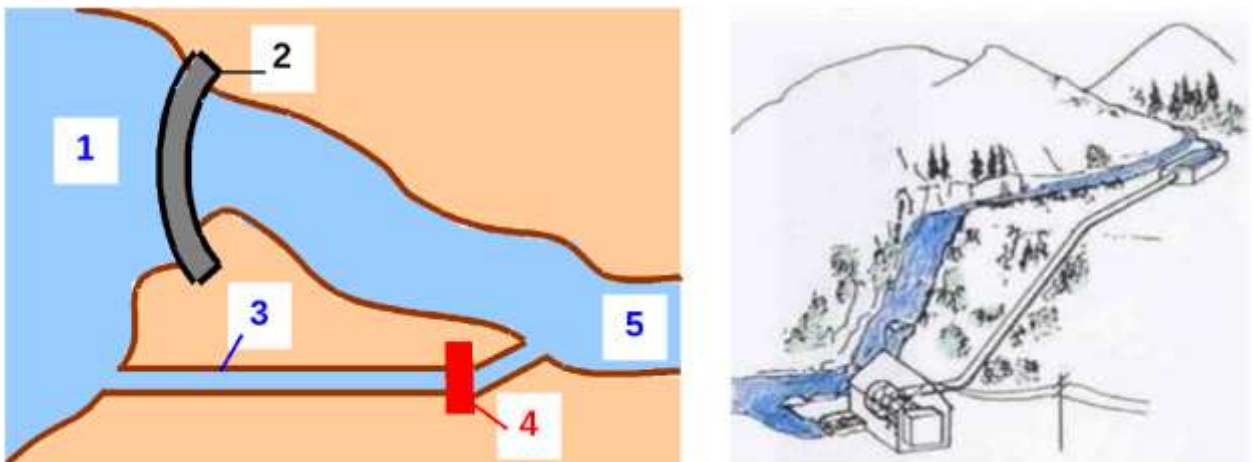
1 – водосховище; 2 – затвор; 3 – трансформаторна підстанція з розподільним пристроєм; 4 – гідрогенератор; 5 – гідравлічна турбіна

Рисунок 2.3 – Конструкція пригреблевої ГЕС [16]

Дериваційні гідроелектростанції (рисунок 2.4) – це станції, в яких напір створюється за рахунок деривації. Деривація в гідротехніці означає систему гідротехнічних споруд, які перенаправляють воду з джерела води (наприклад, річки) до гідроелектростанцій. Вона може бути безнапірною, коли вода переноситься каналом, тунелем або лотком, або напірною, коли вода переноситься через трубопровід або напірний тунель.

Дериваційні гідроелектростанції пропускають потенціал води, що протікає в річках або водосховищах, і передають її потужним трубопроводам або тунелям до гідротурбін, які перетворюють гідроенергію на електричну енергію. Дериваційні споруди не можуть використовувати потік води без необхідності будувати великі греблі або створювати значний напір.

Проектування та будівництво дериваційних гідроелектростанцій вимагає аналізу гідрологічних умов, визначення оптимального шляху та типу деривації, розрахунку оптимальних розмірів трубопроводів або тунелів та вибору ефективної гідротурбіни для використання енергії потоку води. Доцільно їх будувати переважно у гірських місцях, де є великий похил річки. У випадку напірної деривації водовід прокладається під великим похилом, або ж будується гребля, яка створює водосховище – тоді, це змішана деривація, оскільки використовується два способи створення необхідної концентрації води [16].



1 – водосховище, 2 – гребля, 3 – дериваційний канал,  
4 – будівля ГЕС, 5 – водоскид

Рисунок 2.4 – Дериваційна напірна ГЕС [16]

Гідроакумулюючі гідроелектростанції є особливим типом гідроелектростанцій, які можуть акумулювати надлишкову електроенергію в періоди низького попиту та генерувати її в періоди пікового попиту [17, 18].

У періоди низького попиту на електроенергію, коли виробництво перевищило споживання, ГАЕС перетворюються на помпову станцію. Агрегати ГАЕС працюють як насоси, які підтягують воду з нижніх басейнів і перекачують її до верхніх басейнів, що розташовані на вищому рівні. Вода зберігається у верхніх басейнах, які функціонують як основна енергія.

У періоди пікового попиту на електроенергію, коли споживання перевищує виробництво, вода з верхніх басейнів зводиться через напірні водоводи, надаючи потужність напору, і призводить в дію гідравлічні турбіни з електрогенераторами. Гідравлічні турбіни перетворюють витрату енергії води на електричну енергію, яка генерується електрогенераторами і постачається в електричну мережу для задоволення пікового попиту.

ГАЕС є ефективними системами енергопостачання, які сприяють стабільності постачання електроенергії в системі, з використанням резервного накопичення енергії у водному потенціалі. Це сприяє більш ефективному використанню відновлювальних джерел енергії та зменшенню використання паливних ресурсів.

Пригреблеві малі гідроелектростанції (МГЕС) розділені на дві категорії: пригреблево-заплавні (заплавні) та пригреблево-руслові (руслові). Ці категорії відрізняються способом створення напору та характеристиками їх розташування.

Заплавні МГЕС (рисунок 2.5) фактично будуються на рівнинних річках з малою водною швидкістю. Гребля гідроелектростанції перетинає річку, що сприяє підняттю рівня води в річці вище греблі. Це призводить до утворення водосховища, де накопичується значний обсяг води. В заплавних МГЕС вода з водосховища використовується для створення напору і подачі до гідравлічних турбін для генерації електроенергії.

Руслові МГЕС розташовуються в руслі річки. Напір води для таких станцій не виходить за межі русла річки. Руслові МГЕС виконують швидку течію для створення напору, що приводить в дію гідравлічні турбіни. Цей

тип МГЕС традиційно будується на гірських річках або річках з вищим руслом і високими берегами.

Обидва типи пригрібних МГЕС є ефективними джерелами виробництва електроенергії та використання потенціалу водних ресурсів для створення відновлюваної енергії.

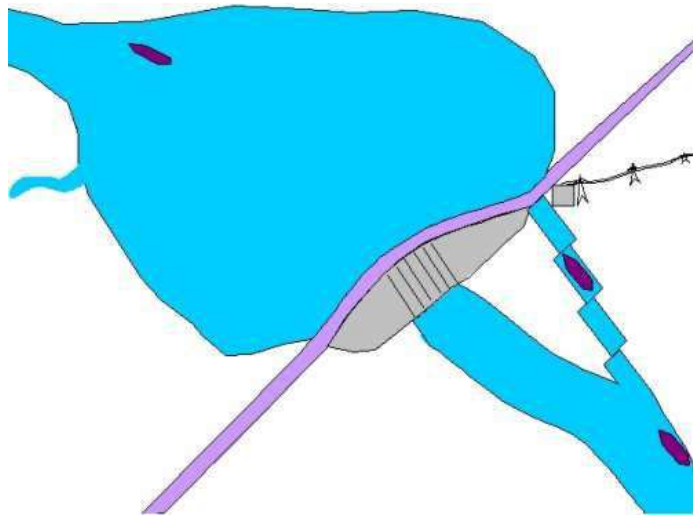


Рисунок 2.5 – Заплавна гідроелектростанція з водосховищем [16]

У зв'язку з конкретними умовами і потребами системи можна використовувати регулювання стоку на різних часових масштабах. На водосховищах застосовують різні типи регулювання стоку.

Так, добове регулювання стоку є одним із методів для покращення використання гідроенергії води. Цей підхід передбачає накопичення води у водосховищах в періоди, коли попит на електроенергію низький, а використання невелике. Водосховище функціонує як резервуар, де вода накопичується для подальшого використання в періоди більшого попиту на електроенергію.

Багаторічне регулювання стоку – накопичення води протягом тривалого періоду (кілька років), що дозволяє зберегти великі обсяги води для використання в майбутньому. Місячне і тижневе регулювання стоку – накопичення веде протягом місяця або тижня відповідно.

Добове регулювання стоку дозволяє гнучко управляти енергопродуктивністю гідроелектростанції, забезпечуючи електроенергію в періоди пікового споживання та знижуючи витрати електричної енергії в періоди низького попиту. Цей підхід дозволяє ефективно використовувати ресурси води та забезпечити стабільність постачання електроенергії в енергетичній системі.

Водосховища поділяються на запасні, затримуючі (протипаводкові) і комплексні, залежно від їх призначення.

Запасні водосховища мають на меті забезпечити додаткові резерви води для використання в маловодний період. Вони накопичують воду в періоди збільшеного стоку, які можуть виникати у багатоводні сезони або роки. У маловодні періоди, коли витрати води перевищують її природний приплив, ці запаси використовують для забезпечення стабільного водопостачання та регулювання витрати для гідроелектростанцій або інших водокористувачів.

Затримуючі (протипаводкові) водосховища призначені для боротьби з повенями і селевими потоками. Вони працюють для тимчасового утримання та регулювання великих об'ємів стоку, що відображається під час повеней або сильних дощів. Ці водосховища допомагають зменшити максимальні витрати води, яка надходить до нижнього б'єфу річки, тим самим запобігаючи повеням і зменшуючи їхні наслідки.

Крім того, є комплексні водосховища, які поєднують функції запасних і затримуючих водосховищ. Вони забезпечують подвійну роль – накопичують воду для підвищення витрат у маловодні періоди та забезпечують регулювання запасу для боротьби з повенями і селевими потоками.

Гребля гідроелектростанції складається з двох складових частин – водопропускної та безотворної. Водопропускна частина греблі призначена для пропускання надлішкової води під час повеней, водоходу або інших ситуацій, коли витрати води перевищують її нормальний приплив. Цей

водопропускний отвір або канал дозволяє контролювано пропускати воду, щоб уникнути переповнення і пошкодження.

Безотвірна частина греблі відіграє роль утримання води у заплаві і утримання її на заданому рівні. Вона забезпечує водонапорний ефект, який не дозволяє воді виходити за межі заплави і забезпечує необхідний напір для роботи гідроелектростанції. Безотвірна гребля може мати спеціальні водопропускні канали або лотки, через які вода не повинна переливатися, але може пропускати через них невелику кількість води.

Розмір водопропускного отвору греблі розраховується таким чином, щоб він забезпечив пропуск надлишкової води під час повіней, весняних розливів або інших періодів збільшеного стоку. Залежно від ширини пойми (території, на яку розливається річка) та умов місцевості, безотвірна частина греблі може бути присутньою лише на частині ширини пойми або відсутня повністю. Це конструктивне рішення дозволяє ефективно використовувати греблю для регулювання води і забезпечення безпеки гідроелектростанції та навколишнього середовища.

Заплавні ГЕС мають недолік – це досить висока вартість гідротехнічних споруд та великі площі затоплень. Отже, за умов великого напору і широкої долини такі конструкції є малодоцільними [16, 19]. Тому тоді використовують руслові ГЕС, які мають переваги порівняно із заплавними, а саме – практична відсутність затоплення і менша вартість споруд. До недоліків можна віднести необхідність зупиняти електростанцію на період проходження паводків, а також обмежені можливості регулювання стоку.

Дериваційні гідроелектростанції дійсно не мають гребель, або, у деяких випадках, можуть мати невелику греблю на початку дериваційних споруд. Головна функція цієї греблі полягає в направленні води в канал чи тунель дериваційної споруди.

Оскільки відсутня гребля і водосховище, дериваційні ГЕС мають обмежені можливості щодо регулювання стоку води. У деяких випадках

можуть бути побудовані спеціальні басейни регулювання, розташовані уздовж схилу долини, для забезпечення певного рівня регулювання.

На рисунку 2.6 наведено схему створення напору для дериваційних ГЕС. Дериваційна схема тим доцільніша, чим більше поздовжній схил річки.

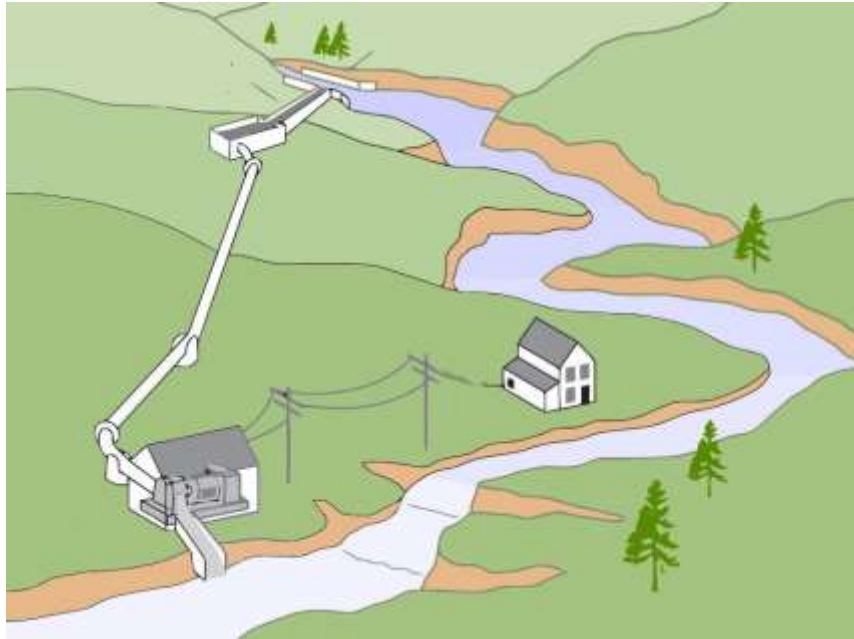


Рисунок 2.6 – Дериваційна гідроелектростанція [16]

Для поєднання переваг пригреблевих і дериваційних гідроелектростанцій будуються змішані (пригреблево-дериваційні) станції. В цих станціях напір створюється як за допомогою греблі, так і за допомогою дериваційних споруд, розташованих нижче греблі.

Однією з ключових переваг змішаних гідроелектростанцій є можливість використання водосховищ, які знаходяться в верхів'ях річок або на їх притоках. Це дозволяє забезпечити регулювання стоку води, зберігати певні обсяги води в резервуарах під час періодів низького попиту на електроенергію, а потім використовувати ці запаси води в періоди пікового попиту.

Для об'єднання переваг пригреблевих і дериваційних гідроелектростанцій будують змішані (пригреблево-дериваційні) станції

(рисунок 2.7). Використання водосховищ у верхів'ях річок або на притоках забезпечить регулювання стоку води.

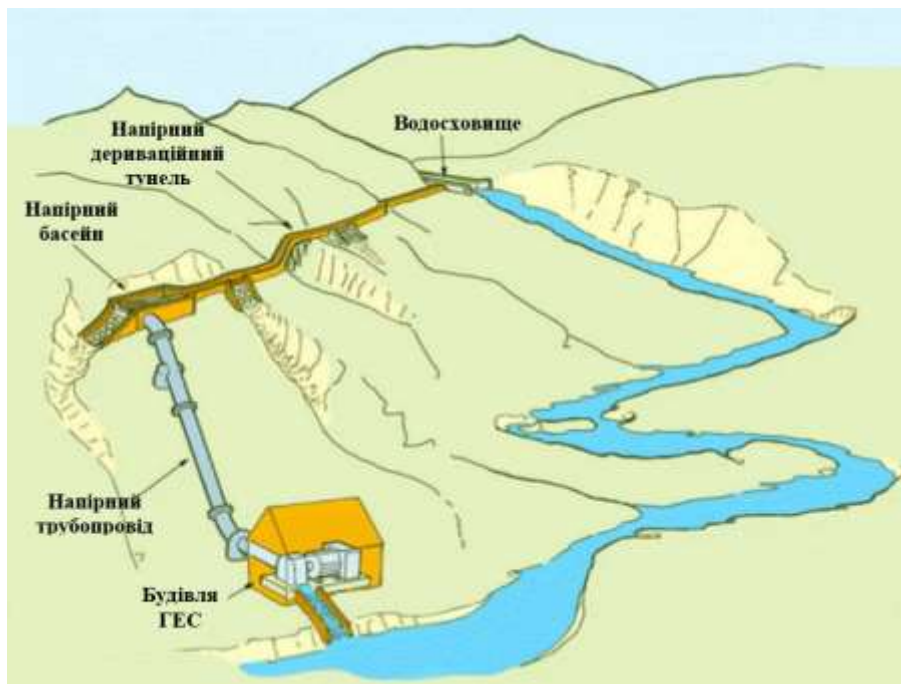


Рисунок 2.7 – Пригреблево-дериваційна МГЕС [16]

Інтерес становить руслова дериваційна гідроелектростанція, схему конструкції якої показано на рисунку 2.8.

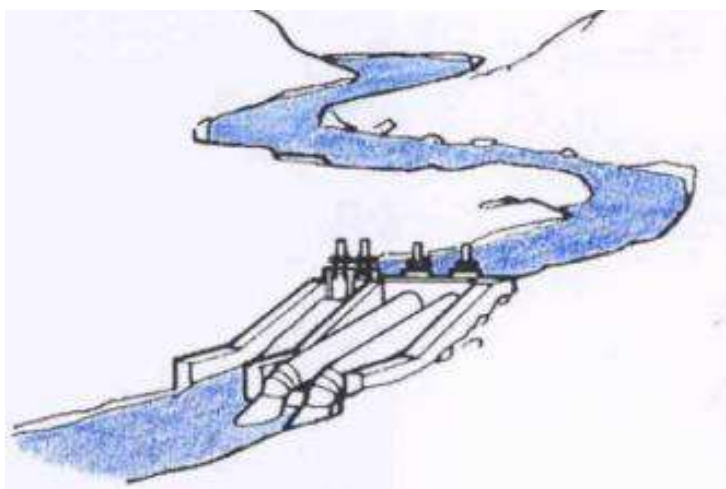


Рисунок 2.8 – Руслова дериваційна гідроелектростанція [16]

Ще один особливий вид електростанцій – плаваючі або підводні (занурені), які використовують занурену трубу в руслі річки з великим перепадом висоти. У таких гідроелектростанціях вода протікає через велику трубу, яка знаходиться під водою. Вода падає на турбіну, що приєднується до генератора, і приводить її в рух, генеруючи електричну енергію. Особливістю цих станцій є греблі та інші гідротехнічні споруди. Плаваючі гідроелектростанції фактично мають невеликі розміри і встановлюються на річках або потоках з помірною швидкістю течії. За допомогою мікро-ГЕС, встановлених на таких станціях, енергія води перетворюється в електричну енергію для живлення індивідуальних споживачів.

Таким чином, основною відмінністю ГЕС, зокрема МГЕС, які будуються на рівнинних та гірських річках є спосіб створення напору. На гірських ріках із значним перепадом висоти над рівнем моря можна використовувати природний напір води для роботи малих гідроелектростанцій (МГЕС). Це досягається використанням різниці висоти між верхнім і нижнім пунктами гірської річки.

Малі гідроелектростанції можуть бути руслового типу, що означає, що їх споруди розташовані поруч в руслі річки. Для забезпечення сталої витрати води і створення додаткового напору часто будується гребля. Гребля додатково контролює рівень води і створює водосховище, яке забезпечує стабільні умови гідророботи електростанції. Заплава, яка утворюється за греблею також, завдяки збереженню стабільної витрати води, особливо в періоді зниження водозабезпеченості.

На невеликих гірських річках із значним уклоном та великим напором здебільшого будують МГЕС дериваційного, або пригреблево-дериваційного типу (якщо уклін річки не великий).

Гребельні малі гідроелектростанції є найбільш розповсюдженими схемами використання енергії малих річок. Однією з основних переваг гребельних МГЕС є можливість повного використання стоку річки. Завдяки наявності греблі, формується водосховище, яке не тільки забезпечує

необхідний напір для роботи ГЕС, але також може використовуватися для регулювання режиму роботи станції.

Водоховище гребельної МГЕС може мати різноманітне використання. Крім енергетичної функції, воно може використовуватися для водопостачання, рекреаційних цілей та протипаводкового захисту. Таким чином, водосховище стає багатоцільовою інфраструктурою, яка має застосування для різних галузей господарства та для місцевого населення.

Зважаючи на можливість регулювання стоку води, гребельні МГЕС здатні працювати в режимі добового та сезонного регулювання, що робить їх більш гнучкими з точки зору експлуатації.

В гірських та передгірних районах доцільно застосовувати дериваційні та широкозмішані (гребельно-дериваційні) схеми для будівництва малих гідроелектростанцій (ГЕС). Однією з основних переваг дериваційних ГЕС у гірських районах є значний вигравш у напорі, що дозволяє збільшити потужність ГЕС без значних додаткових капіталовкладень.

Дериваційний канал або трубопровід можна прокласти по незайнятих землях з мінімальною смугою відчуження, остання відсутня необхідна для греблевих ГЕС водосховища. Це дозволяє уникнути проблем з відчуженням землі. Однак, експлуатація дериваційної системи вимагає більшої уваги за рахунок проблем, таких як замулення, прориву або зміщення каналу. Ці аспекти потребують додаткових заходів та обслуговування для забезпечення надійності та безпеки експлуатації.

У зв'язку з перерахованими перевагами багато проектів малих ГЕС у Карпатах передбачають будівництво дериваційних ГЕС. Це дозволяє ефективно використовувати потенціал річок у гірських регіонах та зберегти стабільну енергію без значних витрат на будівництво водосховищ [21].

## 2.2 Особливості малих гідроелектростанцій

Мала гідроенергетика, як галузь відновлюваної енергетики, має декілька особливостей, які впливають на інвестиційну привабливість проектів із впровадження малих гідроелектростанцій (МГЕС). Основні особливості включають [15]:

- прив'язка малих ГЕС до водних об'єктів, тобто їх можна спорудити лише безпосередньо на руслі річки (руслова ГЕС) або недалеко від нього (у випадку деривації);

- будівництво малих ГЕС є незаконним, оскільки кожна річка України має водоохоронну зону, часто використовується для рекреації та може протікати територією національних природних парків, що унеможлиблює на прилеглий до річки території здійснення господарської діяльності;

- як правило, неподалік від річок знаходяться населені пункти. З економічної точки зору, спорудження малої ГЕС часто передбачає підняття рівня води на певній ділянці річки на один, два або навіть більше метрів. Це може призвести до підвищення рівня ґрунтових вод і, внаслідок цього, повного або часткового затоплення підвальних приміщень в прилеглих приватних домогосподарствах, громадських спорудах або будівлях іншого призначення. Така ситуація може вимагати переселення мешканців або надання їм відповідних компенсацій, що може суттєво підвищити капітальні витрати на проект малої ГЕС. При проектуванні малої ГЕС необхідно ретельно враховувати соціальні аспекти та взаємодію з населенням, а також розглядати можливість мінімізації негативних наслідків для прилеглих територій;

- в економічних розрахунках малої ГЕС зазвичай прагнуть до підтримання якомога вищого рівня води в верхньому б'єфі. Однак, якщо забудована і заселена місцевість прилягає до цього б'єфу, збільшуються ризики затоплення під час весняних паводків та літніх злив, оскільки

зменшується частина площі поперечного перерізу русла річки, яка не заповнена водою. Це може призвести до затоплення присадибних ділянок, сільськогосподарських угідь, пасовищ, сіножатей та інших територій іншого господарського призначення. При плануванні та будівництві малої ГЕС важливо уважно враховувати ці ризики і вживати заходів для мінімізації негативних наслідків для прилеглих територій та населення;

– наявні екологічні загрози, пов'язані з будівництвом малих ГЕС у гірській місцевості, зокрема з використанням трубної деривації. Цей метод може призвести до часткового або повного пересуви основного русла річки на значну відстань (до кількох кілометрів), що може мати серйозні екологічні та соціальні наслідки: зникнення річкової флори і фауни, зменшення туристичної привабливості, зникнення звичних місць водопою та купання свійських тварин і птиці тощо;

– індивідуальність проєктів: проєкти малих ГЕС можуть мати значні індивідуальні особливості і відрізнятися один від одного. При розробці проєктів малих ГЕС враховуються різноманітні фактори, такі як геологія, гідрологія, геодезія, населені пункти, сільгоспугіддя та інші. Кожен проєкт малої ГЕС має унікальні характеристики, які відкриваються географічними та природними умовами конкретного місця. Фактори, такі як величина напору води, розташування населених пунктів, наявність екологічно вразливих зон та інші, впливають на проєктування та вибір оптимальної конфігурації малої ГЕС. Розвиток технологій в галузі малих ГЕС може призвести до появи нових стандартів та технологічних рішень, які можуть бути застосовані в подібних проєктах;

– історичні аспекти: використання енергії води для виробництва електроенергії та виконання роботи має довгу історію в Україні, особливо в контексті малих ГЕС та водяних млинів. Ця традиція може бути використана як важливий фактор при визначенні місць спорудження нових малих ГЕС. Перевага відновлення або використання вже існуючих місць діяльності малих ГЕС і водяних млинов виникає в тому, що інфраструктура та умови

для роботи вже наявні. Це може спрощувати процес пошуку та вибору місць для спорудження нової малої ГЕС, після чого враховується історичний аспект та потрібна необхідна інфраструктура. Врахування історичних традицій та наявних ресурсів може сприяти ефективному розвитку малої гідроенергетики в Україні.

– потужність: наразі економічна доцільність будівництва малих ГЕС обмежується потужністю до 60 кВт з урахуванням терміну окупності не більше шести років. Однак, з розвитком технологій та зниженням вартості обладнання можливо змінити цю економічну межу і збільшити потужність, яка буде економічно доцільною для будівництва малих ГЕС. Також виправданою стратегією є використання вже існуючих ділянок, де функціонували гідромлини або гідроелектростанції, для відновлення традиційного використання водної енергії та будівництва нових малих ГЕС. Загалом, з урахуванням технічних, економічних та екологічних факторів, необхідно провести детальні дослідження та аналіз, щоб розрахувати оптимальну потужність та місце для будівництва малих ГЕС в Україні;

– коефіцієнт використання встановленої потужності (Кп) малих ГЕС може бути значно вищим від вітро- та фотоелектричних установок. Це пояснюється особливостями роботи гідроелектростанцій, зокрема тим, що вони можуть працювати в режимі водотоку та бути паралельно підключеними до електричної мережі. Сучасні малі ГЕС, спроектовані з вимогами сучасності та працюючи в режимі водотоку, дозволяють досягти коефіцієнтів використання встановленої потужності на рівнях від 50 % до 60 %. Однак, старі малі ГЕС, які були побудовані в минулому столітті і працюють в автономному режимі, мали нижчий коефіцієнт використання потужності, близько 30 %.

– коефіцієнти завантаження за час (Кt) малих ГЕС ідеальні аналогічні показники вітрових та сонячних електростанцій. Це пояснюється тим, що малі ГЕС, особливо ті, що мають кілька гідроагрегатів, можуть виробляти електроенергію практично без перерви протягом усього року.

Малі ГЕС з двома і більше гідроагрегатами можуть працювати без перерв, якщо річки, на яких вони розташовані, не пересихають упродовж посушливих періодів року. Такі річки забезпечують стабільний потік води, що дозволяє малим ГЕС виробляти електроенергію протягом усього року, 24 години на добу, 365 днів на рік. У такому випадку Кт малої ГЕС дорівнює 100 %;

- питомі капіталовкладення є переважно нижчими, ніж в сонячну або вітрову енергетику;
- окупність капіталовкладень на сьогодні переважно нижча ніж аналогічні показники для інших галузей відновлюваної енергетики.

Незважаючи на те, що більшість особливостей малих гідроелектростанцій є негативними, тобто потребують вирішення, інтерес до даної галузі не зникає [21, 22].

### 2.3 Гідроенергетичний потенціал річок Карпат

Згідно [26] у Карпатському регіоні діє 18 МГЕС загальною потужністю 18,29 МВт. Ця потужність становить лише 6,4 % від загального технічного гідроенергетичного потенціалу регіону.

Значна частина цих МГЕС розташована на Закарпатті, де працюють 10 МГЕС загальною потужністю 14348 МВт. Ця кількість МГЕС в Закарпатті забезпечує 78,5 % від загальної генерації об'єктів малої гідроенергетики в Карпатському регіоні, що підтверджує значний внесок Закарпаття у виробництво електроенергії з використанням малих гідроелектростанцій. Використання потенціалу річок та потоків Карпат для виробництва електроенергії сприяє сталому розвитку регіону та забезпеченню енергетичної незалежності.

Так, Оноківська та Ужгородська МГЕС на річці Уж були побудовані ще в 1937 році за проектами чеських інженерів. Оноківська МГЕС має потужність 2650 кВт, а Ужгородська – 1,9 МВт. Важливою особливістю

Оноківської МГЕС є наявність підпірної греблі з висотою до 60 см, яка є переливною, що перешкоджає рибоходу та ускладнює міграцію прохідним видам риби.

Деривація води для енергогенерації створюється через спеціально виритий обвідний канал, який також використовується для централізованого постачання питної води в місто (хоча в сучасний час – лише для частини міста).

Варто відзначити, що з моменту будівництва реконструкції цих МГЕС не проводилися. Ймовірно, це може вплинути на їхню роботу та показову ефективність виробництва електроенергії. У подальшому необхідно здійснити реконструкцію чи модернізацію цих станцій для підвищення їх ефективності та збереження довгострокової стабільності роботи.

У період з 2006 року по 2018 рік у регіоні були побудовані абсолютно нові малі гідроелектростанції, а саме: Білинська МГЕС на потоці Ільмин (2006 рік), Краснянська МГЕС на р. Красношурка (2011 рік), МГЕС «Шипіт-1» (2012 рік) та МГЕС «Шипіт-2» на р. Шипіт (2014 рік), Нижньобистрівська МГЕС на р. Ріка (2014 рік), МГЕС «Брустурянська-1» (2016 рік) та «Брустурянська-2» на р. Брустурянка (2018 рік), Яновецька МГЕС (2017 рік) на р. Яновець [26]. На рисунку 2.9 наведено розміщення гідроенергетичних об'єктів на території України.

Наразі планується будівництво каскаду із 9 МГЕС на р. Шопурка, каскаду із 3-х МГЕС на р. Тересва, каскаду із 5 МГЕС на р. Ріка та каскаду із 2-х МГЕС на р. Латориця у межах м. Мукачево. Громади виступають проти такого будівництва.

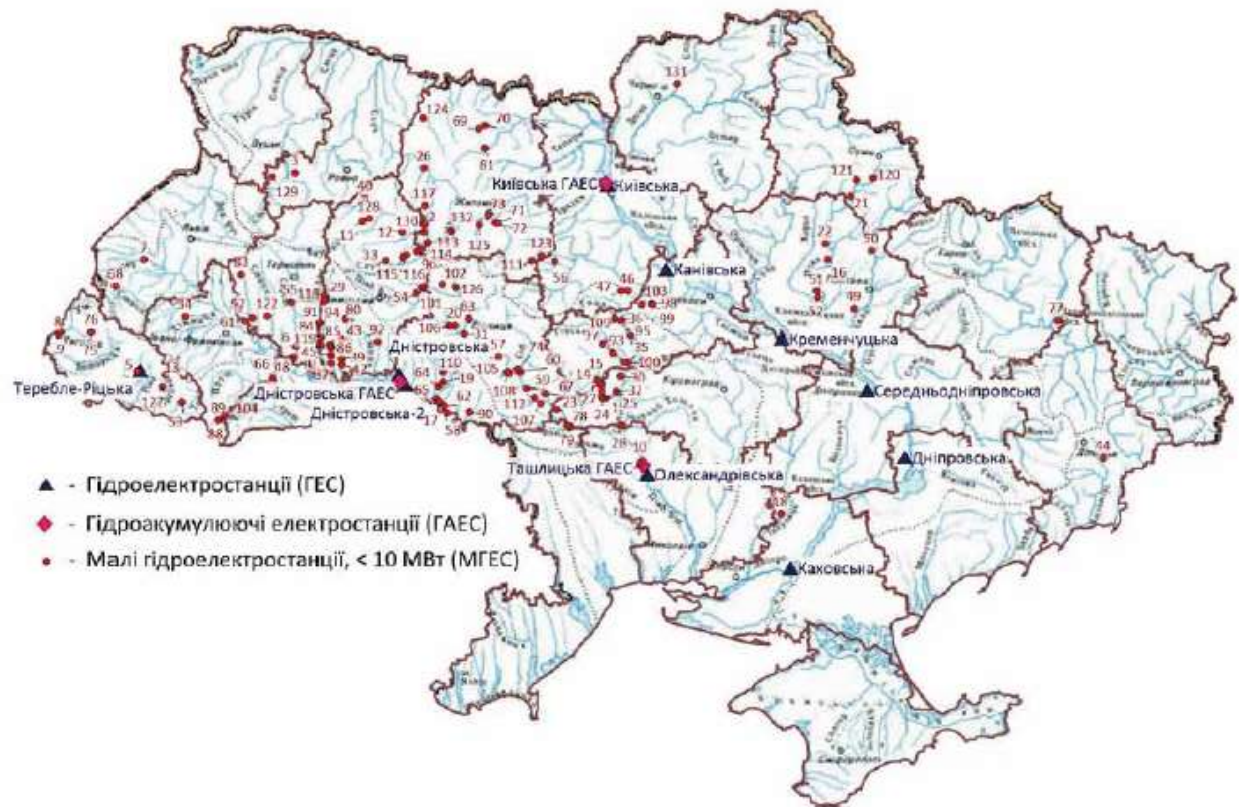


Рисунок 2.9 – Розміщення гідроенергетичних об'єктів на території України

На сучасний період в Івано-Франківській області діє п'ять МГЕС:

- Пробійнівська МГЕС-1: розташована на річці Білий Черемош і була побудована в 2010 році;
- Пробійнівська МГЕС-2: також розташована на річці Білий Черемош і була зведена у 2013 році;
- Золотолипська МГЕС: розташована на річці Золота Липа і була побудована в період між 2010 та 2012 роками;
- Сваричівська МГЕС: розташована на річці Чечва і була зведена у 2017 році;
- Снятинська МГЕС: розташована на річці Прут і була відновлена в 2005 році.

Загальна потужність цих п'яти МГЕС становить 2,612 МВт.

У Львівській області наразі діє дві малі гідроелектростанції загальною потужністю 630 кВт. Обидві відновлені:

- Яворська ГЕС (2008 року будівництва), що розташована на р. Стрий;
- Новошицька ГЕС (побудована у 2013 році) на р. Бистриця Тисменицька.

Існують плани будівництва ще десятка МГЕС на гірських річках області.

На Буковині також на сьогодні діють 2 МГЕС загальною потужністю 1,7 МВт. Це відновлена Яблуницька МГЕС (2009 року будівництва) на р. Білий Черемош. Яблуницька МГЕС є сезонною станцією, яка працює переважно влітку під час підвищеного стоку річки Прут [26]. Вона виробляє електроенергію за рахунок використання потенціалу водоспаду. Та новозбудована Саратська МГЕС на р. Сарата.

Зведені сумарні показники загального гідроенергетичного потенціалу річок у межах Карпатського регіону України наведені у таблиці 2.1 та на рисунку 2.10 [16].

Таблиця 2.1 – Зведені сумарні показники загального гідроенергетичного потенціалу річок у межах Карпатського регіону України [16]

№	Назва басейну	Кількість річок	Кількість ділянок	Кількість суб-басейнів	Езаг., кВт	Езаг за рік, тис. кВт-год	% від ЗГП річок УК
1	2	3	4	5	6	8	9
1	Басейн р. Тиса	114	385	11	1092435	9569731	46,4
2	Басейн р. Сірет	19	78	4	23707	207673,3	1,01
3	Басейн р. Прут	56	230	8	403566	3535238	17,2
4	Басейн р. Дністер	145	554	8	820824	7190418	34,9
Загальний (потенціал річок регіону)		334	1247	-	2340531	20503052	100,0
Загальний потенціал річок суббасейнів і головних річок		-	-	31	2305221	20193736	98,5

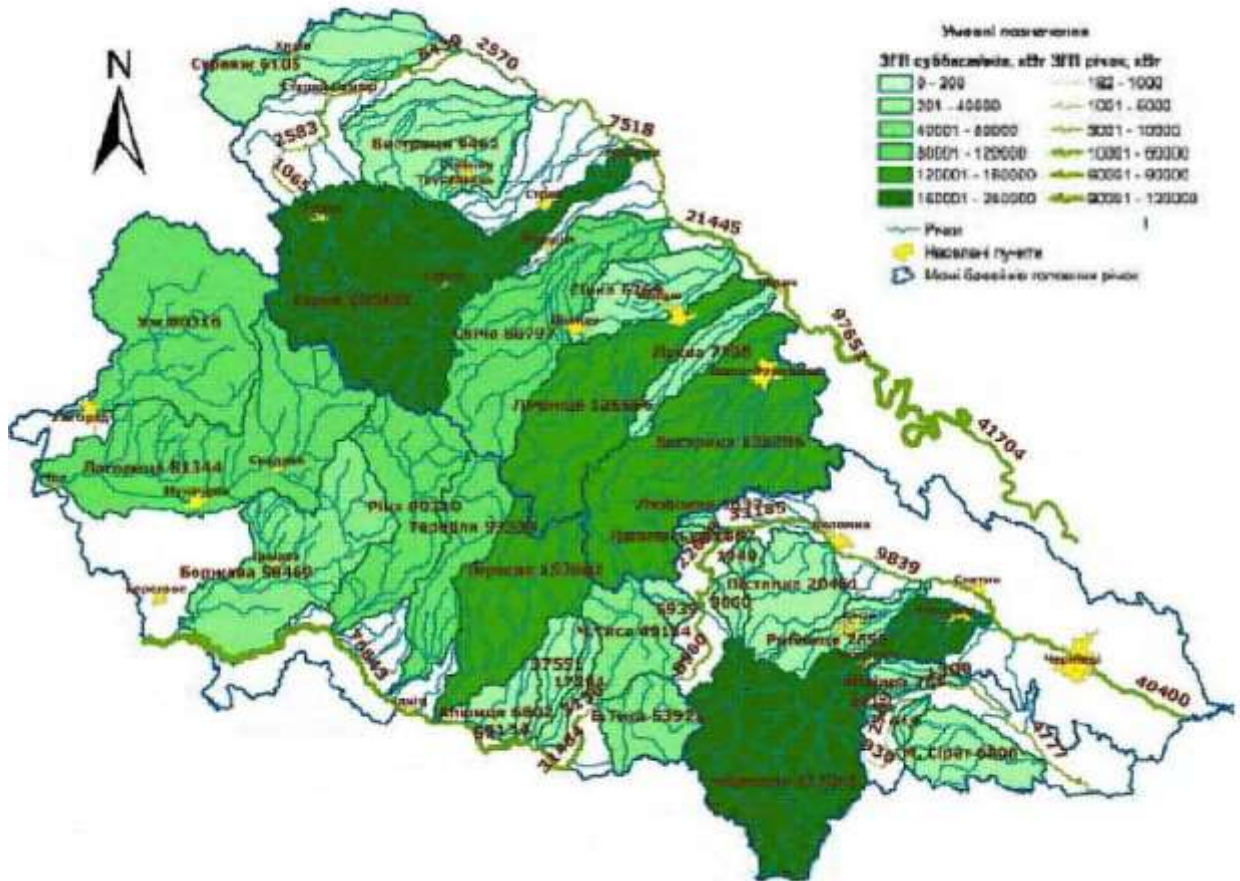


Рисунок 2.10 – Карта сумарного загального гідроенергетичного потенціалу річок Українських Карпат по суббасейнах [16]

### **3 ЕКОСИСТЕМНІ ПОСЛУГИ РІЧОК КАРПАТСЬКОГО РЕГІОНУ**

#### **3.1 Екосистемні послуги річок**

Серед екосистемних послуг виділяють три основні види оцінки:

– екологічна оцінка екосистемних послуг для досягнення здатності екосистеми виконувати свої природні функції та забезпечувати екологічну рівновагу. Ця оцінка включає в себе аналіз біорізноманітності, продуктивності екосистем, регуляції клімату, збереження обґрунтувань, очищення повітря і води, запобігання ерозії та інші екологічні функції;

– економічна оцінка екосистемних послуг враховує їхню вартість і внесок до економіки. Ця оцінка забезпечує отримання екосистемних послуг при прийнятті рішень і розробці політики. Наприклад, вартість екосистемних послуг може включати економію від збереження водних ресурсів, зменшення витрат на очищення стічних вод, підтримку та інше;

– соціальна оцінка екосистемних послуг зосереджена на задоволенні потреб та благополуччя суспільства. Вона враховує вплив екосистемних послуг на якість життя людей, соціальну справедливість і розподіл благ. Наприклад, екосистемні послуги можуть забезпечити рекреаційні можливості, здорове середовище, культурну спадщину та інші соціальні користі.

Усі ці оцінки є найбільшimi для повного розуміння значення екосистемних послуг і врахування їх при прийнятті рішень щодо управління та збереження екосистем. Використовуючи ці оцінки, можна більш раціонально використовувати планування і рішення, що сприяє сталому розвитку.

Загалом екосистемні послуги, їх типи та класи можна представити у вигляді схеми, що наведена на рисунку 2.11.



Рисунок 2.11 - Класифікація послуг екосистем [27]

З екологічних позицій ресурси, які людина утримує від природи, є безцінними і можуть бути представлені як природне багатство або природний капітал. Однак не всі ресурси мають умовну економічну оцінку в грошовому вираженні.

Ці ресурси, які вже підлягають ринковій торгівлі і мають грошову вартість, легше оцінити з економічної точки зору. Наприклад, дерева, риба, гриби, ягоди та інші продукти природи, що продаються на ринках, мають умовну грошову цінність. Ці ресурси можна легше оцінити і отримати їхню економічну значимість.

Проте є інші екосистемні послуги, які не мають ринкової оцінки. Наприклад, послуги, пов'язані з регуляцією клімату, запобіганням ерозії, підтримкою біорізноманіття та ін. Вони є успішними для екологічної

рівноваги та добробуту людей, але їх вартість важко виміряти в грошовому виразі.

Однак, на сьогодні все більше зусиль застосовується до розробки методів оцінки екосистемних послуг, які не мають ринкової цінності. Це додатково ураховувати їх важливість при прийнятті рішень і розробці політики з екологічних і соціальних аспектів.

Підтримувальні послуги екосистем є ключовим елементом для забезпечення добробуту людей. Ці послуги не є різними споживаними або використовуваними, але вони впливають на формування та забезпечення інших екосистемних послуг.

Наприклад, підтримувальні послуги, такі як формування обґрунтованого покриву, полінізація, фільтрація води, формування кліматичних умов і т. д., є основою для забезпечення забезпечувальних, регулюючих і культурних послуг. Вони створюють умови для появи ресурсів, які люди споживають, і забезпечують екологічну рівновагу та стійкість екосистем. Фільтрація води екосистемами забезпечує доступ до чистої води для споживання. Кліматичні умови, регульовані екосистемами, впливають на врожайність, погоду і загальну якість життя.

Регулюючі, або середовищеутворюючі, послуги екосистеми є основними для забезпечення добробуту людей, але їх оцінка є складною і вимагає особливої уваги. Ці послуги включають такі процеси, як очищення повітря, води і ґрунту, регулювання клімату, збереження ґрунтів, запобігання повеней, регулювання шкідників і хвороб, запилення рослин і багато іншого. Вони забезпечують стабільність і регуляцію в екосистемах, що забезпечують насичення потоку охоронних і культурних послуг.

Останні катастрофічні наслідки руйнування природи, такі як забруднення повітря, зміна клімату, вимирання видів, виснаження ґрунтів, нагадують нам про необхідність оцінки середовищеутворюючих послуг.

Ресурси життєзабезпечення, такі як вода, повітря, ґрунти, рослинність, біорізноманіття та інші, є обмеженими. Ці ресурси є основою для забезпечення нашого життя, здоров'я та економічного розвитку. Функціонування природних екосистем є ключовим фактором у збереженні, регулюванні та підтримці цих ресурсів. Екосистеми забезпечують ряд послуг, які є життєво важливими для людей, включаючи очищення повітря і води, збереження рослин, утримання ґрунтів, контроль клімату та багато іншого.

Однак зростаючий тиск на природні ресурси, зміни клімату, втрата біорізноманіття та інші антропогенні впливи призводять до зменшення запасів і якості цих ресурсів. Це ставить під загрозу наше майбутнє і потребує особливого важливого відношення до збереження, відновлення і сталого використання природних екосистем.

Одним із головних завдань сучасного суспільства є збалансований підхід до забезпечення використання ресурсів, захисту природних екосистем і збереження біорізноманітності. Це вимагає глобальних зусиль на рівнях уряду, громадян, бізнесу та наукових спільнот. Необхідно отримати екологічні аспекти в усіх сферах діяльності, впроваджувати сталі методи виробництва та споживання, пропагувати відповідне ставлення до природних ресурсів і екосистем.

Багато людей, особливо в розвинутих країнах, прямо залежать від природних ресурсів для задоволення своїх повсякденних потреб. Сільські та лісові господарства, які найбільше залежать від біорізноманіття та екосистемних послуг, забезпечують харчування, проживання та інші основні потреби для мільйонів людей. У бідних сільських та лісових домогосподарствах, де доступ до ринків обмежений або відсутній, значна частина доходу залежить від неринкових товарів, таких як дикорослі рослини, дрова, водні ресурси та інші ресурси, які вони використовують з природи. Ці ресурси становлять значну кількість їхнього різноманіття до співвідношення і можуть бути вирішальними для їхнього виживання.

Збереження природних екосистем і використання концепції екосистемних послуг не дозволяє урахувати цінність функціонування природи при прийнятті рішень з планування та розвитку господарських проектів. Коли господарські проекти впливають на природні екосистеми, такі як будівництво, лісокористування чи рекреаційна діяльність, важливо зіставити економічні вигоди, які можуть бути отримані, зі збитками, які можуть виникнути внаслідок порушення екосистем і втрати екосистемних послуг. Так само, при вирішенні питань про необхідність природоохоронних заходів, які мають на меті відновлення екосистемних послуг, важливо зіставити витрати на ці заходи з очікуваними вигодами. Це дає змогу додатково оцінити ефективність і цілеспрямованість природоохоронних заходів та прийняти обґрунтоване рішення щодо розподілу ресурсів.

Врахування екологічних аспектів та оцінка екосистемних послуг при прийнятті рішень допомагають збалансувати потреби людини з інтересом збереження природи, що сприяє сталому розвитку, зменшенню екологічних ризиків і забезпеченню довготривалого життя.

На сьогодні можна навести багато прикладів, які б продемонстрували реальну вартість екосистемних послуг з регулювання середовища. Так, загалом в світі екосистемні послуги оцінюються в 125 трлн. доларів на рік [27], що співмірновідповідає валовому внутрішньому продукту світової економіки (у 2018 році становив 75,278 трлн. доларів) [28].

Що стосується Карпатського регіону, то водні об'єкти, а саме річки, надають широкий спектр екосистемних послуг: забезпечувальні, регулюючі, культурні та підтримувальні [26].

Забезпечувальні екосистемні послуги річок є невід'ємною частиною нашого життя і важливою умовою підтримки життєдіяльності людей та екологічної рівноваги. Вони включають: якісну питну воду, рибу, будівельні матеріали (гравій та пісок) і сільськогосподарські продукти. Ці ресурси впливають на наше економічне і соціальне благополуччя.

Регулюючі послуги охоплюють різноманітні функції, такі як регулювання клімату, формування опадів, очищення повітря та води. Ці послуги допомагають забезпечити стійкість екосистеми, зменшують ризики повеней, ерозії та забруднення довкілля.

Культурні послуги – туризм, рекреація, спортивне рибальство та збереження історико-культурної спадщини. Вони сприяють нашому дозвіллю, задоволенню культурними потребами та забезпечують зв'язок між людьми та природою.

Підтримувальні послуги, а саме: збереження біорізноманітності, міграції організмів, рівня ґрунтових вод і аерація води. Ці послуги підтримують екологічну та функціональну різноманітність екосистем, що є причиною їх стійкого функціонування. Збереження цих екосистемних послуг має велике значення.

Деякі екосистемні послуги, зокрема забезпечувальні, можуть бути оцінені в грошовому еквіваленті, оскільки вони прямо впливають на економічні показники і добробут громади. Наприклад, вартість рибальства, сільськогосподарського виробництва чи будівельних матеріалів може бути оцінена на ринкових умовах.

Проте, для багатьох інших екосистемних послуг, особливо регулюючих та культурних, оцінка їх вартості може бути складним завданням, оскільки вони не мають прямого ринкового обслуговування. У таких випадках необхідно розробляти спеціальні методики оцінки, які базуються на економічних, соціальних і екологічних показниках.

Оцінка втрат громади в результаті будівництва МГЕС (малих гідроелектростанцій) є важливою у забезпеченні сталого розвитку. Вона вимагає остаточного врахування наявних негативних наслідків для екосистемних послуг, таких як зміна водного режиму, вплив на рибні ресурси, гідрологічний режим і біорізноманіття. Розробка методики оцінки втрат і компенсаційних механізмів дозволить врахувати ці аспекти та забезпечити належну оцінку вартості екосистемних послуг.

Важливо продовжувати дослідження та розвивати методики оцінки вартості екосистемних послуг, щоб мати можливість зменшити їх значення при прийнятих рішеннях з планування та розвитку проєктів по будівництву МГЕС.

### 3.2 Вплив малих ГЕС на екосистемні послуги гірських річок.

Будівництво МГЕС підпірної деривації, які є типовими для умов Карпатського регіону, має значний вплив на природні екосистеми, зокрема на річкові системи. Підпірна гребля та дериваційна труба змінюють гідрологічний режим річки, що може мати негативні наслідки для довкілля та екологічного стану річкової системи.

У верхньому б'єфі, де формується водосховище, рівень води піднімається, що може призвести до збільшення площі затоплених природних територій, утворення нових водних басейнів та зміни розташування природних екосистем. У нижньому б'єфі річка перетворюється на тонкий струмок води, частина якої відводиться по дериваційній трубі або каналу для виробництва електроенергії. Це може призвести до зниження рівня води в річці, зміни водного режиму, підвищення ділянок русла та негативного впливу на рибний запас та інші водні організми.

Враховуючи вищезазначений вплив МГЕС на екосистеми, оцінка втрат громади в результаті будівництва таких станцій потребує проведення детального дослідження впливу на біологічне різноманіття, гідрологію, водні ресурси та інші фактори. Це може допомогти застосувати вартість збитків, які спричиняються порушенням екосистемних послуг, та врахувати їх при оцінці рішень щодо будівництва МГЕС.

У верхньому б'єфі, де формується водосховище, вода стає менш проточною, що спричиняє зменшення руху та обміну води, а також насичення киснем. Це може призвести до зниження розчиненого кисню у воді та створити умови для розвитку анаеробних процесів, таких як гниття

або окислення органічних речовин. У нижньому б'єфі, де річка стає тонким струмком, вода може перегріватися через низький рівень та обмежений об'єм води. Це може призвести до зниження розчиненого кисню та зменшення здатності річки до самоочищення. Недостатня кількість води та зміна її характеристик може вплинути на екосистему річки та здатність річки забезпечити належні екосистемні послуги.

Ці зміни у фізико-хімічному складі води річки під впливом МГЕС підпірної деривації можуть мати шкідливий вплив на біологічну різноманітність, якість води та функціонування екосистем, і потребують додаткового дослідження та оцінки при розробці таких проектів.

МГЕС також може мати негативний вплив на рибні популяції та біорізноманіття річок. Зміни умов, які включають зміну гідрологічного режиму, створення перешкод для міграції та нересту риби, можуть призвести до зміни видового складу рибних популяцій.

Унаслідок підпірної деривації річки, створені перешкоди, такі як греблі та дериваційні труби, можуть перешкодити проходженню прохідних видів риб, які мають потребу в міграції для нереста та пошуку живлення. Це може спричинити зниження чисельності та різноманітності цих видів. У той же час, внаслідок зміни гідрологічного режиму та утворення водосховищ, де вода стає менш проточною та змінюється її фізико-хімічний склад, замість аборигенних видів реофільної риби можуть з'являтися типові ставкові види риб. Це завдає непоправної шкоди біорізноманіттю річкових видів – від безхребетних, до риб та земноводних, іноді навіть ссавців.

Для зменшення негативного впливу МГЕС на біорізноманіття річок важливо провести оцінку впливу на довкілля та розробити заходи для забезпечення міграції та збереження рибних популяцій, а також для підтримки природних річкових процесів та екологічної цільності річкових екосистем.

Вплив каскаду МГЕС на птахів є негативним, особливо для видів, які гніздяться на гірських річках і водних болотах. Підняття рівня води в річці та різкі зміни в рівнях води, спричинені режимом роботи МГЕС, можуть унеможливити або ускладнити гніздування цих видів.

Деякі види птахів, таких як пісочник малий, набережник, плиска гірська і пронурок, вибирають для гніздування вузькоспеціалізовані середовища, які традиційно притаманні гірським річкам з натуральними гідрологічними режимами. Зміни в гідрологічному режимі, спричинені МГЕС, можуть зробити таке середовище непридатним для гніздування цих видів.

Також варто відзначити, що на водосховищах, які утворюються в результаті будівництва МГЕС, можуть з'явитися нові умови для гніздування деяких водоплавних птахів, які не є типовими для гірських річок. Але, наразі, таких прикладів немає для жодної річки, на якій було збудовано МГЕС за останні 10 років і навіть для Вільшанського водосховища на р. Теремля, якому вже майже 70 років. Тому, це питання також не достатньо вивчене, а тому уникнення впливу МГЕС на гніздування птахів може бути складним завданням.

Втрата здатності річок до самоочищення є одним із наслідків регулювання річок за допомогою МГЕС. Це може мати наслідком зменшення потужності самоочищення річки, що означає забруднення, такі як органічні речовини та хімічні сполуки, що містяться у водосховища та можуть накопичуватися в нижніх б'єфах річки. Це призводить до зниження якості води та порушення екологічного статусу річки.

Як наслідок, річка втрачає свою природну здатність надавати регулюючі та підтримувальні екологічні послуги, а забруднена вода та змінений гідрологічний режим можуть негативно вплинути на забезпечувальні та культурні послуги річки. Це підкреслює остаточну оцінку та управління впливом МГЕС на річкові екосистеми, зокрема на їхню здатність до забезпечення екологічних послуг.

## ВИСНОВКИ

За даними досліджень визначено, що загальний гідроенергетичних потенціал річок Карпат становить 2340,5 МВт, з яких 46,4 % припадає на річки Закарпатської області. На сьогодні розроблені методи визначення технічного гідроенергетичного потенціалу гірських річок Карпат, який становить 285 МВт. Але відсутні дослідження щодо визначення економічного або екологічного (екосистемного) гідроенергетичного потенціалу, який, заради збереження гірських річкових екосистем, вираховується як частина загального гідроенергетичного потенціалу. А це виключає потенціал ділянок водотоків, використання яких в гідроенергетичних цілях буде мати згубний характер для екосистем.

Будівництво МГЕС без врахування екосистемного гідроенергетичного потенціалу гірських річок Карпат, вже сьогодні має для річкових екосистем руйнівні наслідки.

Карпати є невисокими горами, тому відсутній великий перепад висот. Як наслідок, практично всі дериваційні гідроелектростанції, які тут відновлюють або будують, мають підпірні греблі та гідроакумулюючі водосховища. При цьому відбувається зміна середньорічного стоку, що впливає на мікроклімат усієї долини: опади не такі передбачувані, як раніше, частіше виникають повені, більш затяжними стають періоди засухи. Водність хоч і поступово, але невпинно падає. Падіння водності річок і, як наслідок, зниження обсягів генерованої електроенергії від гідроелектростанцій при нарощуванні потужностей є загальносвітовою тенденцією.

Однак, найбільш перспективними територіями для спорудження нових малих ГЕС відносяться Закарпатська, Івано-Франківська, Львівська та Чернівецька області, тобто Карпатський регіон. Тому виникає необхідність проведення стратегічної екологічної оцінки будівництва малих ГЕС у цьому регіоні, та вжиття заходів відносно системного аналізу доцільності

спорудження кожної окремої малої ГЕС з урахуванням перспектив розвитку території та екосистемних послуг (туризм, рекреація, тощо).

В Україні розроблено нормативно-правові акти та громадсько-політичні заходи міжнародного, державного і регіонального рівня, які спрямовані на захист природного навколишнього середовища від забруднення, посиленої експлуатації й іншого шкідливого впливу в результаті створення об'єктів малої гідроенергетики. Також наявна достатня кількість досліджень для розробки сучасної концепції регіональних програм розвитку малої гідроенергетики та реалізації заходів Національного плану дій з відновлюваної енергетики. Але, усі плани та розробки через повномасштабне вторгнення росії «стоять на паузі», оскільки шкода довкіллю завдана вже на зараз є надзвичайно великою і пріоритетними стають питання вирішення саме цих проблеми.

Природоохоронні обмеження на використання території для спорудження малих ГЕС ґрунтуються на критеріях екологічної цінності території та на принципах збереження навколишнього середовища і різноманіття іхтіофауни річок, визначаються наявністю наступних природних територій: національні природні парки, заповідники, пам'ятки природи, місця покладів корисних копалин та мінеральних вод, історико-культурні території, земельні ділянки спеціального призначення.

Доцільним є дотримання обмежень на використання стоку річки для виробництва електроенергії з урахуванням санітарного попуску, та витрат води в річці у різні фази водного режиму, які б забезпечили умови збереження іхтіофауни річок. Також виникає необхідність у створенні офіційної мапи, де буде представлена схема потенційної можливості будівництва малих ГЕС на річках України у відповідності до природоохоронних обмежень та критеріїв екологічної цінності територій.

Можливість надання екосистемних послуг обумовлено одним із найважливіших середовищеутворюючих ресурсів, які забезпечують сталий

розвиток екосистем, збереження середовища проживання – біологічним різноманіттям.

Саме на основі комплексного підходу оцінки можливості будівництва МГЕС, який передбачає урахування природних і антропогенних факторів впливу на формування і функціонування річкових екосистем сформовано висновки щодо необхідності врахування екосистемних послуг.

Втрата здатності річки до самоочищення викликає забруднення, які знижують якість води та порушують екологічний статус річки. Як наслідок, річка втрачає свою природну здатність надавати регулюючі та підтримувальні екологічні послуги, а забруднена вода та змінений гідрологічний режим можуть негативно вплинути на забезпечувальні та культурні послуги річки.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Сучасний стан, проблеми та перспективи розвитку гідроелектроенергетики України. Аналітична доповідь / за ред. О. М. Суходолі. Київ : Національний інститут стратегічних досліджень при Президентові України. 2014 р. 54 с. – Режим доступу: <http://www.niss.gov.ua/content/articles/files/GES-993ae.pdf> (дата звернення 27.05.23 р.).
2. Власюк Ю.С. Про проблеми та перспективи малої гідроенергетики в Україні / Ю.С. Власюк, Д.В. Стефанишин // Математичне моделювання в економіці, №1, 2018. – С. 126-138. – Режим доступу: <http://dspace.nbuiv.gov.ua/bitstream/handle/123456789/161996/11-Vlasiuk.pdf?sequence=1> (дата звернення 27.05.23 р.).
3. Закон України «Про внесення змін до Закону України «Про електроенергетику» щодо стимулювання виробництва електроенергії з альтернативних джерел енергії». – Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/5485-17> (дата звернення 27.05.23 р.).
4. ДСТУ 7501:2014. Гідроенергетика. Гідроелектростанції малі. Терміни та визначення понять / А. Бриль; П. Васько, Ю. Віхорєв, А. Мороз; П. Соловійов. – Київ : ДП «УкрНДНЦ» – 2018. – 26 с.
5. Вовчак В. Мала гідроенергетика України. Аналітичний огляд. Том I / В. Вовчак, О.Тесленко, О. Самченко // Інститут проблем екології та енергозбереження, Київ. – 2018. – 181с.
6. Сидоров В.І. Технології гідро- та вітроенергетики. – Черкаси: Вертикаль, видавець Кандич С. Г., 2016. – 166 с.
7. Guiding Principles on Sustainable Hydropower [Електронний ресурс] // International Commission for the Protection of the Danube River. – Режим доступу: <http://www.icpdr.org/main/activities-projects/hydropower>. (дата звернення 27.05.23 р.).

8. Карамушка О.М. Мала гідроенергетика основа подальшого соціально-економічного розвитку західної України» (Сучасні аспекти і можливості розвитку галузі в Україні) / О.М. Карамушка // Гідроенергетика України, 1-2. – 2021, ISSN 1812-9277. – С. 13-16. – Режим доступу: <https://uhe.gov.ua/sites/default/files/2021-08/6.pdf> (дата звернення 25.05.23 р.).

9. Про схвалення Енергетичної стратегії України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність». Розп. КМ України від 18 серпня 2017 р. № 605-р. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/605-2017-%D1%80/paran2#n2>. 2. До 2020 року в Україні 11% енергії вироблятиметься з відновлюваних джерел. – Режим доступу: <http://ecotown.com.ua/news/Do-2020-roku-v-Ukrayini-11-enerhiyi-vyroblyatymetsyaz-vidnovlyuvanykh-dzherel/> (дата звернення 28.05.23 р.).

10. Стефанишин Д.В. Деякі критичні зауваження та пропозиції щодо підтримки сталого розвитку гідроенергетики в Україні / Д.В. Стефанишин // ЖУРНАЛ "ГІДРОЕНЕРГЕТИКА УКРАЇНИ". – 2018. – №1-2.

11. Тептя В. В. Аналіз розвитку малих гідроелектростанцій в Україні та їх участь у покритті графіка навантаження електромережі [Електронний ресурс] / В. В. Тептя, В. В. Мусінкевич // Матеріали XLVIII науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ, Вінниця, 13-15 березня 2019 р. – Електрон. текст. дані. – 2019. – Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-feeem/all-feeem-2019/paper/view/7153>. (дата звернення 02.06.23 р.).

12. Розбудова сфери енергоефективності та відновлюваної енергетики в Україні: здобутки 2017 р. [Електронний ресурс] / Публічний звіт Голови Держенергоефективності Сергія Савчука за 2017 рік. – Режим доступу : [http://saee.gov.ua/sites/default/files/Press\\_conference\\_28\\_12\\_2017.pdf](http://saee.gov.ua/sites/default/files/Press_conference_28_12_2017.pdf). (дата звернення 30.05.23 р.).

13. Васько П.Ф., Мороз А.В., Бриль А.О., Ібрагімова М.Р. Екологічні аспекти розвитку гідроенергетики в Україні. Відновлювана енергетика. – 2018. – №2 – С. 57–69.
14. Єфремова О.О. Стан розвитку гідроенергетики в Україні / О. Єфремова, С. Біла // Збірник матеріалів І Міжнародної науково-практичної конференції (16-18 травня 2019, м. Вінниця, Україна). – Вінниця: КВНЗ – Вінницька академія неперервної освіти, 2019. – С. 317-319.
15. Технічний потенціал гідроенергетичних ресурсів малих річок України з урахуванням природоохоронних обмежень / А.В. Мороз А.О. Бриль, П.Ф. Васько // Гідроенергетика України. – Науково-виробничий центр «Електроімпульс», Інститут електродинаміки НАН України, 2019. – Т.4. – С. 47–51.
16. Вовчак В. О. Технологічні особливості малих ГЕС / В. О. Вовчак, О. В. Тесленко, О. М. Самченко ; за ред. С. О. Єрмілова. – Київ : Ін-т проб. екології та енергозбереж., 2018. – 145 с. – (Мала гідроенергетика України : в 2 т. / Вовчак В. О. [та ін.] ; т. 2).
17. Operacz, Agnieszka. (2017). The term «effective hydropower potential» based on sustainable development – an initial case study of the Raba river in Poland. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 75, 1453-1463.
18. World Energy Resources: 2016 Survey. – Режим доступу: <https://www.worldenergy.org/wpcontent/uploads/2016/10/World-Energy-Resources-Full-report-2016.10.03.pdf> (дата звернення 02.06.23 р.).
19. Пояснювальна записка до проекту Закону України «Про внесення змін до деяких законів України щодо стимулювання розвитку малої гідроенергетики України». – Режим доступу: <http://w1.c1.rada.gov.ua/pls/zweb2/webproc34?id=&pf3511=27675&pf35401=92020> (дата звернення 04.06.23 р.).
20. Перехід України на відновлювану енергетику до 2050 року / О. Дячук та ін. Київ : Вид-во ТОВ «АРТ КНИГА», 2017. – 88 с. – Режим

доступу: <http://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2017/03/Rozvitok-VDE-v-Ukrai--ni.pdf> (дата звернення 31.05.23 р.).

21. Гідроенергетичний потенціал річок України: розвінчання міфів (аналітичний документ) / Р. Б. Гаврилюк, Г. К. Веремійчик, та ін. – Київ : Видавництво «Фенікс», 2018. – 32 с.

22. Стефанишин Д. В. Соціально-екологічні проблеми відновлення та модернізації малих гідроелектростанцій в Україні. Гідроенергетика України. № 1-2. 2015. С. 18-22.

23. Ободовський О.Г. Встановлення гідроенергетичного потенціалу річок басейну Тиси / О.Г.Ободовський, К.Ю. Данько, О.О. Почаєвець. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://zenodo.org/record/800727#.WkUOjd9I\\_IU](https://zenodo.org/record/800727#.WkUOjd9I_IU).Д (дата звернення 31.05.23 р.).

24. Павелко А. Гідроенергетика у Карпатах: міфи і реальність / А. Павелко, Б. Проць, О. Станкевич-Волосянчук. – Київ : Видавництво «Фенікс», 2015. – 120 с.

25. Атаєв С.В. Рівненська філія ПВНЗ «Європейський університет», м. Рівне. Оцінка трансформації природних ресурсів при експлуатації малих ГЕС Прикарпатського регіону. – Режим доступу: <http://elar.nung.edu.ua/bitstream/123456789/193/4/4910p.pdf> (дата звернення 25.05.2023 р.).

26. Екосистемні послуги гірських річок Українських Карпат / О. Станкевич-Волосянчук, Р. Гаврилюк, В. Шаравара. – Ужгород: «РІК-У», 2019. – 32 ст.

27. Соловій І. Оцінка міжнародного досвіду та процедур/регулювань щодо концепції плати за послуги екосистем в лісовому секторі: Звіт. – The World Bank. Program FLEG II. – Режим доступу: [sfmu.org.ua/files/Soloviy\\_2016.pdf](http://sfmu.org.ua/files/Soloviy_2016.pdf) (дата звернення 31.05.23 р.).

28. Аналіз методологічних підходів до економічної оцінки екосистемних послуг моря: звіт про НДР / УкрНЦЕМ; кер. М.Ю. Павленко; викон. Л. В. Мацюкін [та ін.]. No держреєстрації 0117U007159. Одеса, 2017.

118 с. – Режим доступу: [http://www.sea.gov.ua/img/reports/2017/Theme\\_11.pdf](http://www.sea.gov.ua/img/reports/2017/Theme_11.pdf) (дата звернення 25.05.2023 р.).

29. Карпатський рекреаційний регіон / Т. Ф. Панченко // Енциклопедія Сучасної України [Електронний ресурс] / Редкол.: І. М. Дзюба, А. І. Жуковський, М. Г. Железняк [та ін.] ; НАН України, НТШ. – К. : Інститут енциклопедичних досліджень НАН України, 2012. – Режим доступу: <https://esu.com.ua/article-9971> (дата звернення 31.05.23 р.).

30. Єфремова О.О. Екологічні аспекти гідроенергетики Хмельницької області / О. Єфремова, С. Біла // Міжнародна конференція «VIII Українсько-Польські наукові діалоги», 16 – 19 жовтня 2019 р. (Хмельницький – Кам'янець-Подільський), с. 126-128.